



Aalto-yliopisto
Insinöörیتieteiden
korkeakoulu

Mirva Talusén

Energiantuotannon tulevaisuudet asuinalueen kaavoituksessa – Porvoon Kokonniemestä matalapäästöinen rantakylä

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi
diplomi-insinöörin tutkintoa varten.

Espoossa 15.5.2016

Valvoja: Professori Raine Mäntysalo

Ohjaaja: Eero Löytönen, Porvoon kaupunki

Tekijä Mirva Talusén

Työn nimi Energiantuotannon tulevaisuudet asuinalueen kaavoituksessa – Porvoon Kokonniemestä matalapäästöinen rantakylä

Koulutusohjelma Kiinteistötalous

Pää-/sivuaine Managing Spatial Change, Land Economy

Koodi ENG3035

Työn valvoja Professori Raine Mäntysalo

Työn ohjaaja(t) Eero Löytönen

Päivämäärä 15.05.2016

Sivumäärä 98+5

Kieli suomi

Tiivistelmä

Tässä diplomityössä tarkastellaan asuinalueen suunnittelua Porvoon Kokonniemeen siten, että alueelta syntyisi mahdollisimman matalat kasvihuonekaasupäästöt energiatehokkaan kaavan sekä paikallisen energiantuotannon ansiosta. Työ on toinen kahdesta samasta aihepiiristä tehdystä työstä, ja siinä perehdytään matalapäästöisen yhdyskuntasuunnittelun teorioihin sekä metodeihin arvioida tuotettuja maankäyttösuunnitelmia tästä näkökulmasta. Yhdessä toisen diplomityöntekijän, Xiaoyu Chenin, kanssa tehtyjä vaihtoehtoisia maankäyttösuunnitelmia arvioidaan työssä KEKO-työkalulla, arviointitaulukoilla, SWOT-analyysin sekä intressianalyysin avulla.

Suunnittelua alustetaan skenaarioiden luomisella Porvoon kehityksestä sekä koostamalla tulevaisuuskuva vuodelle 2040. Skenaarioissa ja tulevaisuuskuvassa korostuvat kasvihuonekaasupäästöjen voimakas vähentäminen uusiutuvien, matalapäästöisten energiantuotantomuotojen ollessa kehityksessä olennainen väline. Vaihtoehtoisten maankäyttösuunnitelmien suunnittelussa luotiin asetelma, jossa voidaan vertailla kolmea tapaa toteuttaa alue sellaiseen vaihtoehtoon, joka edustaisi alueen kehittämistä olemassa olevan rakenteen mukaisesti. Niinpä alueen nykytilannetta mukailevan vaihtoehdon rinnalla on energiaomavaraisuuteen pyrkivä alue, alueen yhdyskuntarakennetta täydentävä ja kaukolämpöön tukeutuva alue, sekä erittäin tiivis, kaukolämmön rinnalla erilaisia paikallisen energiantuotannon muotoja kokeileva alue. Alueiden suunnitteluperiaatteet perustuvat työssä tarkasteltuun kirjallisuuteen.

Vaihtoehtojen vertailussa tehokkaina matalapäästöisyyteen pyrkimisen keinoina nähtiin monien käytännön ratkaisujen rinnalla erityisesti tavoite lisätä kaukolämpöalueella paikallista ja päästötöntä sähköntuotantoa. Niinpä vaihtoehtojen vertailun pohjalta luodun viitesuunnitelman perustana on kaukolämmölle sopivan tiiviin rakenteen luominen sekä paikallisen energiantuotannon yhdistäminen. Viitesuunnitelman toteutus on ollut Chenin vastuulla, joten sitä esitellään tarkemmin hänen diplomityössään.

Avainsanat kaavoitus, energiatehokkuus, energiantuotanto, vaikutusten arviointi, Porvoon



Author Mirva Talusén

Title of thesis Futures of energy production in planning of a residential area – Low-emission coastal village to Kokkonniemi, Porvoo

Degree programme Degree Programme in Real Estate Economics

Major/minor Managing Spatial Change, Land Economy

Code ENG3035

Thesis supervisor Professor Raine Mäntysalo

Thesis advisor(s) Eero Löytönen

Date 15.05.2016

Number of pages 98+5

Language Finnish

Abstract

This master's thesis tackles the challenge of planning a residential area to Kokkonniemi in Porvoo with low greenhouse gas emissions and local energy production. The thesis is another one of the two made on the same topic, and it studies the theories on urban planning with low emissions and methods of assessing land use plans from this perspective. The alternative land use plans, made together with the other thesis candidate, Xiaoyu Chen, are compared to each other with the help of the KEKO-tool, assessment tables, SWOT-analysis and interest analysis.

The planning is started by creating scenarios on the development of Porvoo and by composing a vision of the city in the year 2040. In the scenarios and the vision of 2040, strong cutting of greenhouse gas emissions, with renewable energy production modes being an important means in the process, is emphasized. As the alternative land use plans were made, a composition, where three ways of realizing the district could be compared to an alternative representing development similar to the existing built environment nearby, was set up. Thereby, in addition to the latter alternative, there are the energy self sufficient alternative, the district heating and electricity network dependent infill alternative, and the district heating and electricity network based alternative experimenting with the different means of local energy production. Their planning principles are based on the literature studied for the thesis.

In the impact assessment, several practical solutions were considered as effective in the case of Kokkonniemi, but especially the principle of applying local and emission free electricity production to the areas relying on district heating stood out as forceful. This is why the idea in the final land use plan is to develop a structure that is dense enough for district heating but also supports local electricity production and experiments in other means of energy production. The final land use plan has been planned by Chen, which is why the topic is more closely dealt with in her thesis.

Keywords urban planning, energy efficiency, energy production, impact assessment, Porvoo

Alkusanat

Ajatus diplomityön tekemisestä parin kanssa alkoi kypsyä mielessäni kandidaatintutkimtoni loppumetreillä silloisen pääaineeni professori Yrjö Hailan hehkuttaessa ideaa luenolla. Metsästettyäni diplomityöaihetta yksin jo pidemmän aikaa huomasimme sattumalta elokuussa 2015 lapsuudenystäväni Xiaoyu Chenin kanssa, että monien mutkien jälkeen olimme päätyneet samalle alalle eri koulutuksilla ja että diplomityön tekokin oli molemmille samaan aikaan ajankohtaista.

Pienen etsimisen jälkeen löysimme sopivan aiheen Porvoon kaupungin kaupunkisuunnitteluyksiköstä, mistä lopulta saimme myös työn tekoon stipendit. Kaupunkisuunnittelupäällikkö Eero Löytösen, yleiskaavapäällikkö Maija-Riitta Kontion sekä kaavoittaja Pekka Mikkolan suopean avun siivin ryhdyimme työstämään kahta diplomityötä yhteisessä prosessissa. Tavoitteena oli kehittää Porvoon Kokkonniemeen energiatehokas, viihtyisä ja houkutteleva asuinalue, joka kykenisi tuottamaan itselleen uusiutuvaa energiaa matalapäästöisesti.

Haluan kiittää diplomityön valvomisesta professori Raine Mäntysaloa ja ohjaamisesta kaupunkisuunnittelupäällikkö Eero Löytöstä, sekä Porvoon kaupunkisuunnitteluyksikön väkeä innokkuudesta keskustella ja puida Kokkonniemen tulevaisuutta sekä avoimesta vastaanotosta ja aidosta kiinnostuksesta töidemme suhteen. Kiitos myös Suomen ympäristökeskuksen Antti Rehuselle avusta KEKO-työkalun käytössä. Erityiskiitos äärettömän antoisasta projektista parilleni Xiaoyulle, joka kärsivällisesti näkökohtiaan pohjustaen heittäytyi monialaiseen suunnittelutyöhön ennakkoluulottomasti. Henkisten resursien turvaamisesta kiitän perhettäni ja ystäviäni sekä tutkimusasema-kesämökin lainasta Vuosnaisten viksuja.

Espoo 15.5.2016
Mirva Talusén



Diplomityöntekijän isä, täti, mummi, isotäti ja isoisoäiti sukulilla Sikosaareissa noin vuonna 1959. Taustalla Kokkonniemen pellot ja selänteet (kuva: Fuad Talusén, diplomityöntekijän vaari).

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	
Abstract	
Alkusanat	
Sisällysluettelo	1
Kuvaluettelo	3
Lyhenteet	5
1 Johdanto	7
1.1 Tutkimusasetelma	7
1.2 Tutkimusprosessi	8
2 Alueen lähtökohdat	11
2.1 Olosuhteet Kokonniemessä	12
2.2 Porvoon energia ja kasvihuonekaasupäästöt	18
2.2.1 Ilmastotoimien strategiset taustat	18
2.2.2 Porvoon energiankulutus ja kasvihuonekaasupäästöt	19
2.2.3 Kaupungin energiayhtiö Porvoon Energia	20
2.2.4 Skaftkärr-projektin opetukset	20
3 Energiaviisaan suunnittelun teoriat	23
3.1 Matalapäästöisten alueiden suunnitteluprosessi Suomessa	23
3.1.1 Kansainvälinen ja valtakunnallinen taso	23
3.1.2 Maakuntakaavataso	24
3.1.3 Yleiskaavataso	24
3.1.4 Asemakaavataso	25
3.1.5 Kaavoja täydentävä ohjaus	26
3.1.6 Kaavoituksen kehittäminen energiaviisaammaksi	27
3.2 Energiatehokkaasta kaupunkirakenteesta tehtyjen tutkimusten ohjenuoria	27
3.2.1 Seututason vaikuttaminen energiatehokkuuteen	27
3.2.2 Alueelliset energiatehokkaat ratkaisut	28
3.2.3 Tiivistäminen ja elämäntapojen vaikutus ilmastopäästöihin	29
3.3 Paikallinen energiantuotanto osana yhdyskuntia	30
3.3.1 Uusiutuva, hajautettu ja paikallinen energiantuotanto	30
3.3.2 Millaiset kaupunkirakenteet luovat energiantuotantopotentiaalia?	32
3.3.3 Eri energiantuotantomuotojen ominaisuudet ja niiden huomioiminen kaavoituksessa	33
4 Vaikutusten arvioinnin avulla energiaviisasta kaavoitusta	40
4.1 Arviointimenetelmät	40
4.2 Vaihtoehtojen tarkastelu ja vaikutusten selvittäminen	43
4.2.1 Kasvihuonekaasupäästöjen arviointi	43
4.2.2 Energiavaikutusten arviointi	44
5 Skenaariotyö vaihtoehtotarkastelujen tukena	47
5.1 Skenaariotyöskentely	47
5.1.1 Demoksen skenaariot	47
5.1.2 Porvoon skenaariot	48
5.1.3 Tulevaisuuskuva 2040	48
5.2 Vaihtoehtoisten maankäyttösuunnitelmien pääpiirteet	50
5.2.1 Suunnitteluperiaatteet	51
5.2.2 Uddaksen nykytilanteessa pitäytyminen – Säilyttävä vaihtoehto 0 (VE0)	53



5.2.3	Energiaomavarainen mittakaava – Itsenäinen vaihtoehto 1 (VE1)	55
5.2.4	Kaukolämpöön tukeutuminen – Täydentävä vaihtoehto 2 (VE2)	57
5.2.5	Maksimaalisten ratkaisujen etsiminen – Kokeileva Vaihtoehto 3 (VE3)	59
5.2.6	Vaihtoehdot tiivistetysti	61
6	Analyysi ja vaihtoehtojen vertailu	64
6.1	Vaihtoehdot SWOT-tarkastelussa	64
6.2	Energiantuotannon ja -kulutuksen kohtaaminen Kokkonniemessä	67
6.2.1	Arvio Kokkonniemen energiankulutuksesta	67
6.2.2	Kokkonniemen energiantuotantopotentiaali	68
6.2.3	Johtopäätöksiä kulutuksen ja tuotannon kohtaamisesta	70
6.3	Vaihtoehtojen kasvihuonekaasupäästöjen ja ympäristövaikutusten arviointi	70
6.4	Arviointitaulukot ja intressianalyysi Kokkonniemestä	74
6.4.1	Vaikutuslista	74
6.4.2	Arviointitaulukko	76
6.4.3	Intressianalyysi	80
7	Johtopäätökset	83
7.1	Analyysistä viitesuunnitelmaan	83
7.2	Viitesuunnitelman pääpiirteet	85
7.3	Epävarmuustekijät ja jatkotutkimuksen tarpeet	89
7.4	Monialaisen yhteissuunnittelun merkitys	90
	Lähdeluettelo	91
	Liiteluettelo	98
	Liitteet	



Kuvaluettelo

Kuva 1.1. Diplomitöiden aiheet ja prosessin työnjako (kuva: Chen).	9
Kuva 2.1. Kokonniemi sijaitsee Porvoon keskustan läheisyydessä (noin 2 km matka torille) Porvoonjoen suulla (kartta: Maanmittauslaitos).	11
Kuva 2.2. Porvoon tunnetuin maisema on vanhasta kaupungista, jonne on Kokonniemestä matkaa noin 2,5 km.	12
Kuva 2.3. Kokonniemessä risteilee virkistysreittejä sekä toimii laskettelukeskus, joka talvikauden ulkopuolella on aktiivisessa maastopyöräilykäytössä.	13
Kuva 2.4. Kokonniemen olosuhteet rakentamismahdollisuuksien kannalta (kuva: Chen).	13
Kuva 2.5. Kokonniemen kansanpuiston paviljonki piiloutuu vanhojen puiden katveeseen. Selänteen näköalapaikkaa ympäröivät puut ovat kasvaneet näköalan eteen.	14
Kuva 2.6. Kokonniemi nähtynä mereltä. Ruovikkoalue erottuu laajana edessä, rannan kostean lehdon puusto seuraavana ja selänteen vanhat havupuut taaimmaisena.	14
Kuva 2.7. Kansanpuiston alueella on vanhoja lehtipuita ja kuusia. Selänteen huipulla kalliot ja vanhat männyt sekä kuuset hallitsevat maisemaa.	15
Kuva 2.8. Leirintäalue sijaitsee rinteessä, joten se jakautuu eri vyöhykkeisiin penkereinä. Alueella on muutamia leirintäalueen huoltorakennuksia.	15
Kuva 2.9. Leirintäalueella on aukeita ja puistomaisia sekä suojaisampia ja tiheäpuustoisempia alueita.	16
Kuva 2.10. Leirintäalue rajautuu Uddaksentiehen, jonka toiselta puolelta alkaa Uddaksen pientaloalue.	16
Kuva 2.11. Uddaksentie jatkuu kapeana kylätienä. Alueelle tyypillisiä elementtejä ovat kuusiaidat ja puukujat sekä hyvin lähellä tietä sijaitsevat rakennukset.	17
Kuva 2.12. Uddaksentien varressa sijaitsevat pieni kenttä leikkipaikkoineen sekä kylän ilmoitustaulu ja postilaatikat.	17
Kuva 2.13. Skaftkärr -projektin suositus uudesta kaavoitusprosessista.	21
Taulukko 4.1. Vertailumenetelmien keskeiset piirteet ja taustalla vaikuttavat suunnittelunäkemykset.	41
Kuva 5.1. Ideasuunnitelma-tasoinen kehys vaihtoehtoisille maankäyttösuunnitelmille (kuva: Chen).	51
Kuva 5.2. VE0:ssa alue rakentuisi nykyisen Uddaksen henkeä jäljitellen.	53
Kuva 5.3. Maankäyttö Säilyttävässä VE0:ssa (kuva: Chen).	54
Kuva 5.4. Kun aurinkopaneelien pinta-ala sovitetaan rivitalon katolle ja maalämpöpumppujen porakaivot pihapiiriin, muovautuisivat tontit rakennuksineen tällaisiksi.	55
Kuva 5.5. Maankäyttö Itsenäisessä VE1:ssa (kuva: Chen).	56
Kuva 5.6. VE2 voisi muistuttaa Porvoon modernia puukaupunkia Länsirannalla.	57
Kuva 5.7. Maankäyttö Täydentävässä VE2:ssa (kuva: Chen).	58
Kuva 5.8. Jätkäsaaren tiiviyn aste on sovitettu VE3:een.	59
Kuva 5.9. Maankäyttö Kokeilevassa VE3:ssa (kuva: Chen).	60
Kuva 6.1. Kasvihuonekaasupäästöt keskimääräistä asukasmäärää kohti, CO ₂ -tonnia vuoden aikana asukasta kohden.	71
Kuva 7.1. Viitesuunnitelman asemapiirros, kuvaa luettava vaaka-asennossa (kuva: Chen).	86
Kuva 7.2. Ilmakuva kaakosta (kuva: Chen).	87
Kuva 7.3. Energiantuotannon sijoittuminen viitesuunnitelmassa (kuva: Chen).	88
Kuva 7.4. Alueen kadut on suunniteltu yhteiskäyttöisiksi ja niiden ajoradoissa on paljon mutkia (kuva: Chen).	88



Taulukkoluetelo

Taulukko 2.1. Porvoon kasvihuonekaasupäästöt (CO ₂ -ekvivalenttitonnia) asukasta kohden (Uudenmaan liitto 2014, 65).	20
Taulukko 3.1. Yhteenvedo hajautetun energiantuotannon vaihtoehtoista. (Motiva 2010, 7).	31
Taulukko 4.2. Energian tuotantomuotojen merkittävimpiä ympäristövaikutuksia (Vuori et al. 2002, 8).	44
Taulukko 5.1. Suunnitteluperiaatteet Kokonniemen alueella.	52
Taulukko 5.2. Vaihtoehtojen keskeisimmät ominaisuudet.	61
Taulukko 6.1. Kokonniemi alueena SWOT-tarkastelussa.	64
Taulukko 6.2. Säilyttävä VE 0 SWOT-tarkastelussa.	65
Taulukko 6.3. Itsenäinen VE1 SWOT-tarkastelussa.	65
Taulukko 6.4. Täydentävä VE2 SWOT-tarkastelussa.	66
Taulukko 6.5. Kokeileva VE3 SWOT-tarkastelussa.	66
Taulukko 6.6. Vuotuinen energiankulutus Kokonniemen uudella asuinalueella yhteensä kilowattitunteina (kWh).	67
Taulukko 6.7 Vuotuinen energiankulutus Kokonniemen uudella asuinalueella keskimäärin henkilöä kohden kilowattitunteina (kWh).	68
Taulukko 6.8. Uusiutuvan energian paikallinen tuotanto VE1:ssä ja VE3:ssä.	68
Taulukko 6.9. Kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttajien ääripää kussakin vaihtoehdossa.	72
Taulukko 6.10. Kasvihuonekaasupäästöt energiantuotannosta, CO ₂ -tonnia 50 vuoden aikana.	73
Taulukko 6.11. Vaikutuslista Kokonniemeen. Tähdellä (*) merkityt vaikutukset perustuvat KEKO-arvioinnin tuloksiin.	75
Taulukko 6.12. Arviointitaulukko energiatalouteen kohdistuvista vaikutuksista. Tähdellä (*) merkityt vaikutukset perustuvat KEKO-arvioinnin tuloksiin.	77
Taulukko 6.13. Arviointitaulukko luontoon ja luonnonvaroihin kohdistuvista vaikutuksista. Tähdellä (*) merkityt vaikutukset perustuvat KEKO-arvioinnin tuloksiin.	78
Taulukko 6.14. Arviointitaulukko vaikutuksista, jotka kohdistuvat maisemaan, kaupunkikuvaan, kulttuuriperintöön ja rakennettuun ympäristöön.	79
Taulukko 6.15. Intressianalyysi Kokonniemestä.	80
Taulukko 7.1. Analyysin perusteella tiivistetyt vaihtoehtojen ominaispiirteet.	84



Lyhenteet

CO ₂	hiilidioksidi
k-m ²	kerrosneliömetri
kVA	kilovoltttiampeeri
kW	kilowatti
kWh	kilowattitunti
kWp	järjestelmän huipputeho kilowatteina (kilowatt-peak)
MRA	Maankäyttö- ja rakennusasetus
MRL	Maankäyttö- ja rakennuslaki
MVA	megavoltttiampeeri
MW	megawatti
PJ	petajoule
TWh	terawattitunti
W	watti
Wp	järjestelmän huipputeho watteina (watt-peak)





1 JOHDANTO



1 Johdanto

Kaavoittaja on ensimmäisten joukossa alueiden ja yhteisöjen kestävyys- ja energiankulutuksen ja ilmastopäästöjen kannalta vaikuttava toimija (Ahonen 2013, 58). Kaavan ilmastoystävällisyys on monen tekijän summa. Merkittävimmät kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttajat Porvoossa ja Helsingissä ovat kaukolämmitys, liikenne ja kulutussähkö (Uudenmaan liitto 2014, 65 & Paiho 2015, 13). Siksi alueiden energiankulutukseen ja -tuotantoon pureutuminen kaavoitusprosessissa on vaikuttavaa ilmastoystävällisyyden edistämistä. Tämä on jo huomattu kunnissa, sillä hajautettuun energiantuotantoon ja laajemmin ekologiseen asumiseen ja elämäntapaan panostavat kunnat houkuttelevat alueelle paitsi aiheesta kiinnostuneita asukkaita, myös yhä enemmän yrityksiä (Motiva 2010, 49).

Energiatehokkaista ja siten matalapäästöisistä kaavoista on puhuttu laajasti maankäytön suunnittelun parissa. On keskusteltu erityisen paljon kaupunkirakenteen tiivistämisestä ja edellytysten luomisesta julkiselle ja kevyelle liikenteelle. (Ks. esim. Ottelin et al. 2015, Ristimäki et al. 2013, Ko 2013, Säynäjoki et al. 2012, Heinonen & Junnila 2011, Erat et al. 2008.) Vasta viime vuosina on otettu keskusteluun mukaan myös energiantuotannon näkökulma, josta ensimmäisten suomalaisten tapausten joukossa oli Porvoon Skaftkärrin niin kutsuttu energiakaava (Sitra 2010). Skaftkärrissä luotiin monialaisen yhteistyön kautta ja vaihtoehtotarkastelujen avulla matalapäästöisen energiantuotannon huomioiva kaavarunko, mistä työstä kerrotaan lisää luvussa 2.2.4.

Energiatehokkuuden ja energiantuotannon näkökulmien huomioimista kutsutaan tässä työssä energiaviisaudeksi. Rakennetun ympäristön energiaviisaudella tarkoitetaan laadukasta, vähäpäästöistä ja energiatehokasta rakennettua ympäristöä, jossa käytössä on ilmastomuutoksen torjunnan edellyttämät toimenpiteet. ”Energiaviisaaseen maankäyttöön kuuluu kaavoituksen päästöjen tarkastelu, yhdyskuntarakenteen hajautumisen ehkäiseminen sekä tehokas ja kilpailukykyinen julkinen liikenne.” Uusiutuvan energian käyttöön siirtyminen ja energiantuotannon hajauttaminen alueille ja rakennuksiin lähelle nollaenergiatasoa pääsemiseksi on energiaviisautta. Samoin on rakennusten korjaaminen ja rakentaminen energiatehokkaiksi sekä niiden käyttäminen ja ylläpitäminen oikein. ”Energiaviisaus tuo yrityksille kasvavaa kilpailukykyä sekä uutta liiketoimintaa ja uusia markkinoita.” (Martinkauppi 2010, 18.)

1.1 Tutkimusasetelma

Tämä diplomityö on rajattu käsittelemään asuinalueen kaavoitusta uusiutuvan energian tuotannon ja matalapäästöisyyden näkökulmista. Diplomityö on tehty Porvoon kaupunkisuunnitteluyksikön toimeksiannosta ja tutkimuksen kohde on Kokkonniemen alue Porvoossa. Paikallisiin energiantuotantomuotoihin keskitytään sen vuoksi, että Porvoon kaupungin tavoitteleman energiaviisauden kannalta kiinnostavia uusia ulottuvuuksia kunnianhimoisen Skaftkärr-projektin jälkeen olisivat juuri paikallinen energiantuotanto ja sen mahdollistama alueellinen energiaomavaraisuus.

Tutkimuskysymykset ovat

-Kuinka Kokkonniemen aluetta voidaan kehittää asuinalueeksi pienin ilmastopäästöin ja paikallisin energiaratkaisuin?



-Mitkä vaihtoehtoisten maankäyttösuunnitelmien ominaisuudet tarjoavat tavoitteiden kannalta parhaita ratkaisuja viitesuunnitelmaan?

Asuinalueiden energiaratkaisuja suunniteltaessa on kyse yksinkertaistettuna lämmön- ja sähkönjakelujärjestelmistä. Kuitenkin myös jäähdytysjärjestelmät ovat yhä yleisemmin osa kokonaisuutta. Tämä työ keskittyy lämmön ja sähkön näkökulmiin. Lämmitysratkaisuja suunniteltaessa kaukolämmöllä on vakiintunut sija (Vanhanen et al. 2011, 3). Sen ovat haastaneet viime aikoina uudet lämmitysratkaisut, kuten esimerkiksi maalämpö. Vaihtoehtoisten lämmöntuotantomuotojen kilpailuasetelmaa muuttaa energiatehokkuuden parantuminen, sillä lämmöntarve uusilla alueilla suhteessa pinta-alan pienenee. (Vanhanen et al. 2011, 3). Hajautetut sähköntuotantojärjestelmät ovat Suomessa vielä alkutekijöissään (Motiva 2010, 44). Tässä työssä perehdytään sekä lämmön ja sähkön matalapäästöiseen tuotantoon, että energiatehokkaan kaupunkirakenteen luomiseen, koska näkökulmat ovat aikaisemmissa tapaustutkimuksissa usein esiintyneet eroteltuina toisistaan.

Energiantuotantomuotojen ominaisuudet, hinnat ja kilpailukyky muuttuvat nykyhetkessä nopealla tahdilla (Sitra 2010), minkä vuoksi tulevaisuuden tarpeiden arvioiminen on energiaratkaisuiden kohdalla erityisen haastavaa. Siksi kaavan täytyy mahdollistaa erilaiset energiatulevaisuudet, eli siinä ei saisi olla liikaa ominaisuuksia, jotka sulkevat jonkin energiantuotantomuodon käyttöönottamisen pois. Tässä työssä tarkastellaan sen vuoksi, miten kehittää matalapäästöinen asuinalue niin, että kaava mahdollistaa erilaisten uusiutuvien energiamuotojen tuottamisen paikallisesti, vaikkei tulevaisuudessa käytettävistä energianlähteistä ole tarkkaa tietoa.

Kokonniemen nykyiselle leirintäalueelle on määritelty yleiskaavassa asumista leirintätoiminnan päättymisen jälkeen. Tämän vuoksi työssä keskitytään juuri asuinalueisiin laajentamisen rajauksen sijaan. Se tarkastelee paikallisten energiantuotantomuotojen mahdollisuutta myös erityisesti sen vuoksi, että Porvoon energiaviisaus nojautuu tällä hetkellä voimakkaasti puupohjaisella bioenergialla tuotettuun kaukolämpöön, jota on pidetty laskennallisesti päästöttömänä. Viimeisimpien tutkimusten mukaan puupohjainen bioenergia tuottaa kuitenkin valtavasti enemmän kasvihuonekaasupäästöjä kuin esimerkiksi kivihiilen, öljyn tai maakaasun polttaminen (Rämö 2016). Näin ollen kaupungin siirtymistä kohti päästöjä vähentävää paikallista energiantuotantoa on syytä tutkia alkaen yksittäiset asuinalueet huomioivasta tarkkuustasosta.

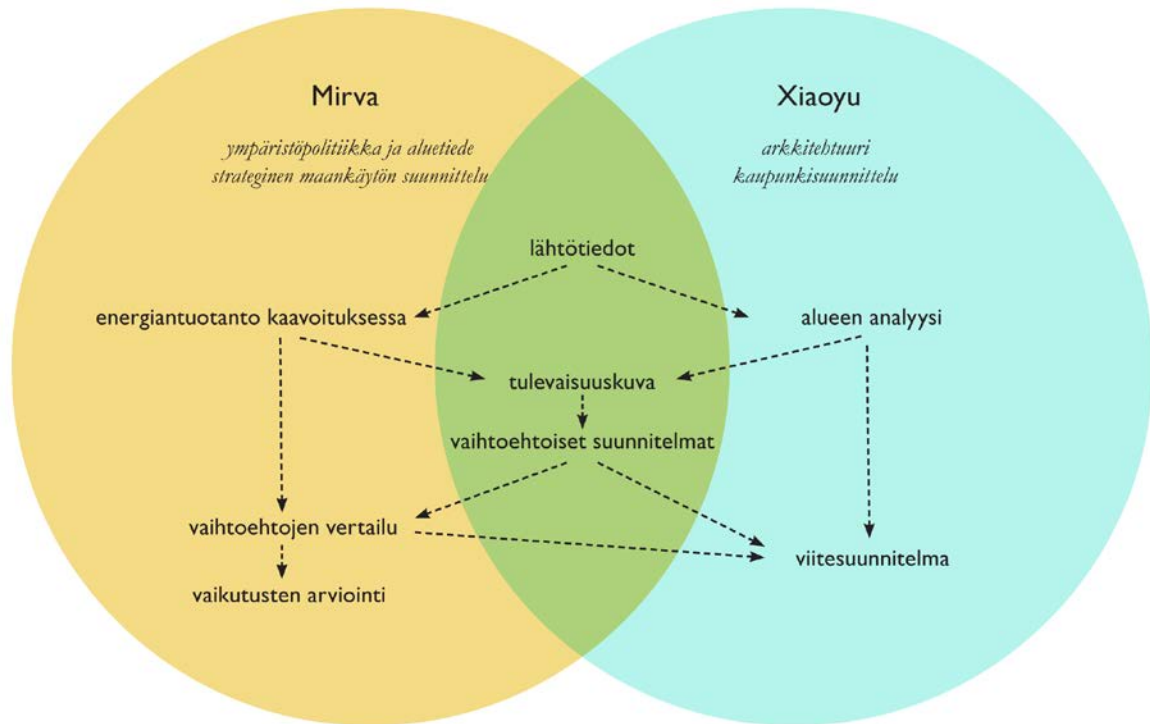
Työn piiristä rajautuvat ulkopuolelle esimerkiksi liikenteen ja talouden aihepiirien lähempi tarkastelu, vaikkakin niitä ohimennen sivutaan. Liikennettä ei ole Kokonniemen tapauksessa järkevää tarkastella lähemmin, koska kehitettävä alue on niin pieni ja sen yhdistämiseen liikenteellisesti muuhun kaupunkiin on vain vähän vaihtoehtoja. Taloudellisista tarkasteluista voidaan todeta, että kuten Ristimäki ja muut (2013, 177) tutkimuksessaan todistivat, taloudelliset ja ympäristölliset hyödyt tukevat toisiaan urbaanin asumisen kehittämisessä. Siksi ympäristöhyötyjen huomioiminen tässä työssä tuottaisi mitä todennäköisemmin pitkällä aikavälillä myös taloudellisesti kestävä ratkaisun.

1.2 Tutkimusprosessi

Kokonniemen kehittämistä käsitellään kahdessa eri diplomityössä. Tämä diplomityö taustoittaa ja vertailee vaihtoehtoja kehittämiselle, kun taas arkkitehtuurin koulutusohjelmassa yhdyskunta- ja kaupunkisuunnittelun pääainetta opiskelevan Xiaoyu Chenin diplomityössä



analysoidaan aluetta kaupunkisuunnittelun näkökulmasta ja tehdään alueesta viitesuunnitelma. Työnjakoa havainnollistaa oheinen kuva 1.1. Prosessi on edennyt monelta osin yhteistä polkua, mutta itsenäisiä lopputuloksia kohti.



Kuva 1.1. Diplomitöiden aiheet ja prosessin työnjako (kuva: Chen).

Kokonaiskuvaa Porvoon ja Kokkonniemen nykytilasta hahmotellaan luvussa 2, mikä työ on tehty läheisessä yhteistyössä Chenin kanssa. Kokonaiskuvan hahmottaminen palvelee suunnittelun ohjautumista alueelle sopivaksi sekä energiaseikkojen kehittämisen paikkojen löytämistä. Luvut 3 ja 4 käsittelevät työn teoriataustaa. Luku 3 tutkii energiaviisaan kaavoituksen ja energiantuotannon tieteellistä keskustelua, kun taas luvussa 4 keskitytään menetelmien näkökulmasta vaikutusten arvioinnin ja vaihtoehtoisten maankäyttösuunnitelmien vertailun toteuttamiseen. Näin saadaan koottua yhteen käytäntöjä, joilla suunnittelu kohdistuu oikeisiin asioihin sekä hahmotetaan, millaisilla menetelmillä löydetään vaikuttavat tavat toimia Kokkonniemessä. Luvussa 5 esitellään työn skenaario-osuus, jossa Chen on ollut suureksi avuksi, sekä vaihtoehtoiset maankäyttösuunnitelmat, jotka on työstetty yhdessä. Skenaariot luovat kehyksen, jonka sisällä vaihtoehtoiset maankäyttösuunnitelmat toimivat. Vertailu- ja arviointityötä käsitellään luvussa 6 sen sisällön ollessa tämän diplomityön tärkein osuus ja itsenäisesti tehty. Vertailun ja arvioinnin kautta etsitään vastauksia molempiin tutkimuskysymyksiin. Luku 7 kokoaa työn johtopäätökset ja arvioi tehtyä työtä kriittisesti. Se myös kokoaa yhteen vastaukset tutkimuskysymyksiin sekä tunnistaa jatko-tutkimustarpeita.





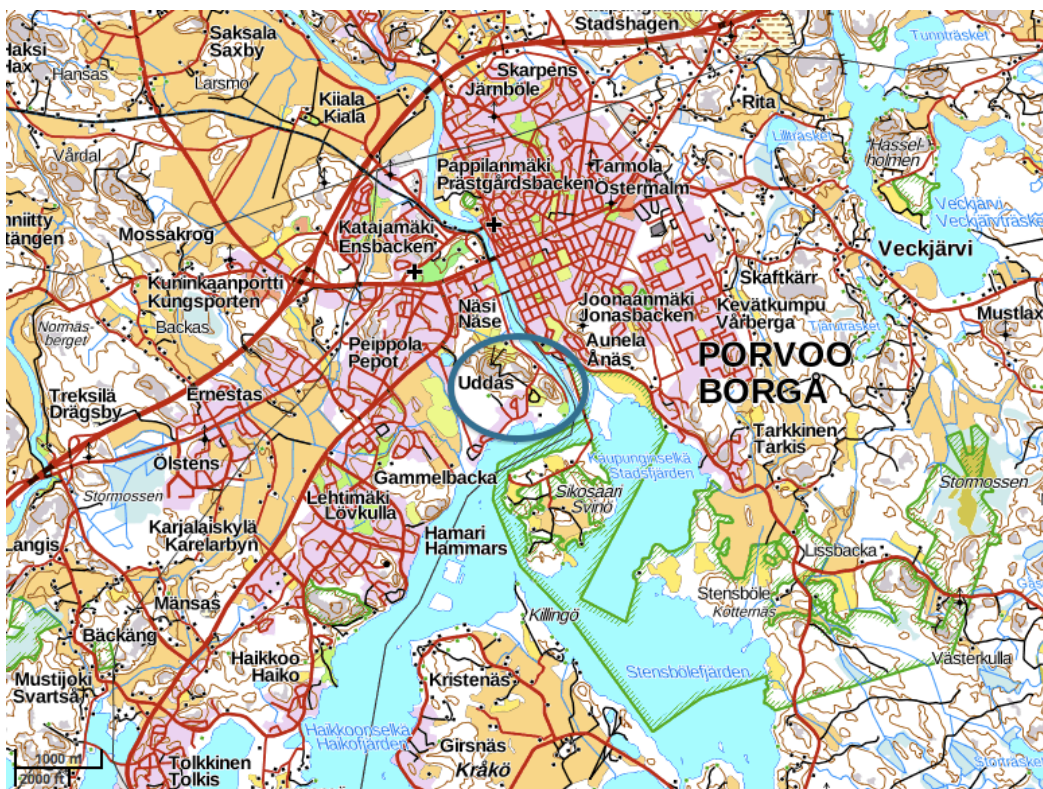
2 ALUEEN LÄHTÖKOHDAT



2 Alueen lähtökohdat

Porvoo on keskiaikaisine keskustoineen tunnettu ja vahvan identiteetin kaupunki. Sen sijainti vain 50 kilometrin päässä Helsingistä mahdollistaa kaupungissa sekä aktiivisen pendelöinnin pääkaupunkiseudulle, että matkailijoiden tasaisen virran. Kaupunki on noin 49 000 asukkaan kasvava alueellinen keskus Uudellamaalla. Sillä on kansallisesti merkittävä historia Suomen valtion perustamispaikkana sekä monien taiteilijoiden kotipaikkakuntana ja inspiraation lähteenä. Kaupungille tunnusomaisia piirteitä ovat esimerkiksi joki ja meren läheisyys, idylliset, iäkkäät puurakennukset, empire-korttelirakenne sekä maamme vanhimpiin kuuluva tuomiokirkko. Lisäksi Porvoo on saavuttanut kiinnostavan edelläkävijän imagon energiatehokkaassa kaavoituksessa Skaftkärr-projektin myötä.

Porvoolaisista 30 % on korkeakoulutettuja. Valtionveron alaisia tuloja porvoolaisilla oli vuonna 2011 noin 29 607 € tulonsaajaa kohti. Porvoo on vahvasti kaksikielinen kunta, sillä ruotsinkielisten osuus väestöstä oli vuonna 2013 noin 30 %. (Tilastokeskus 2015). Vuoden 2015 eduskuntavaalien suurin puolue oli ruotsalainen kansanpuolue (Helsingin Sanomat 2015). Porvoolaiset asutokunnat ovat pieniä: yhteensä noin 72 % asutokunnista koostuu yhdestä tai kahdesta asukkaasta. Lisäksi erillisissä pientaloissa porvoolaisista asuu noin puolet, ja toiseksi suosituin talotyyppi on asuinkerrostalo. (Uudenmaan liitto 2015.) Luvuista voidaan päätellä, että kysyntä pienikokoisille pien- ja kerrostaloasunnoille on kunnassa suurta, ja että uusien asuinalueiden talotyyppien painottaminen näihin olisi kannattavaa. Porvoon historiasta ja nykytilasta on tarkempaa analyysia Chenin (2016) työssä luvuissa 2 ja 3.



Kuva 2.1. Kokkonniemi sijaitsee Porvoon keskustan läheisyydessä (noin 2 km matka torille) Porvoojoen suulla (kartta: Maanmittauslaitos).



Tässä luvussa tarkastellaan lähemmin Kokonniemen olosuhteita (luku 2.1) sekä Porvoon energia-asioita ja kasvihuonekaasupäästöjä (luku 2.2). Tarkemmin perehdytään mm. kaupungin energiayhtiöön sekä Skaftkärriin jo tehtyyn kansallisesti merkittävään energiatehokkaaseen kaavaan ja sen kaavoitusprosessiin. Nämä aihepiirit luovat pohjaa myöhemmin työssä esitellylle suunnittelu- ja analyysityölle. Kokonniemen alueen analyysi perustuu maastokäynteihin sekä karttojen ja kirjallisuuden tutkimiseen.



Kuva 2.2. Porvoon tunnetuin maisema on vanhasta kaupungista, jonne on Kokonniemestä matkaa noin 2,5 km (kuva: Talusén).

2.1 Olosuhteet Kokonniemessä

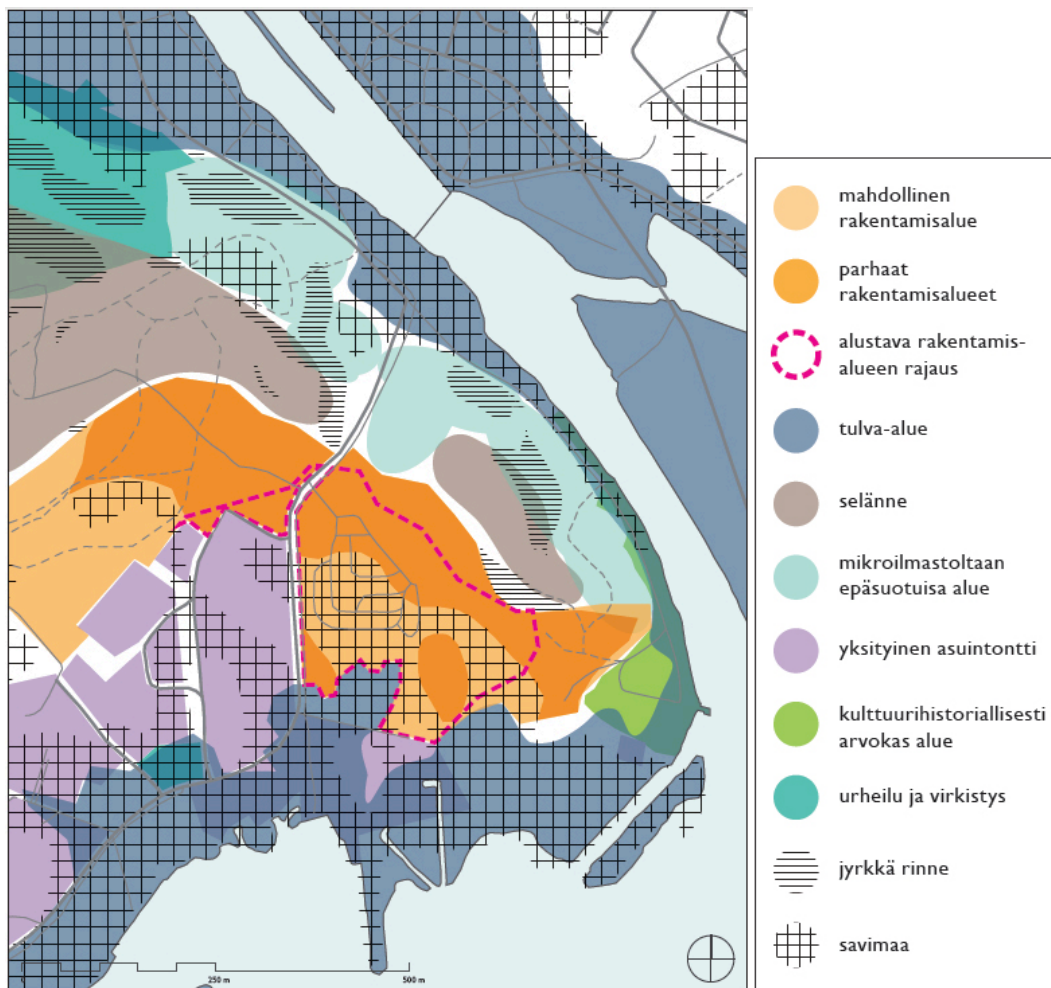
Kokonniemestä on matkaa Porvoon keskusta noin kaksi kilometriä, joten se on keskustan palveluista kävelyetäisyydellä. Porvoojoki kuitenkin rajoittaa kulkureittejä jonkin verran ja sitoo Kokonniemen läheisemmin Länsirannan kaupunginosaan, missä uutta rakentamista on odotettavissa lähivuosina. Laajasti käsitettynä Kokonniemen alue pitää nykyisin sisällään mm. kansanpuiston, laskettelukeskuksen, leirintäalueen sekä erilaisia virkistysreittejä ja muita urheilufasilitetteja. Sille tunnusomaisia piirteitä ovat erilaisten virkistyspalveluiden lisäksi kylämäinen tunnelma huvilamaisine rakennuksineen, selännealueen vanha metsä sekä meren välitön läheisyys, vaikkakin se monin paikoin piiloutuu maisemaan huomaamattomaksi (kuvat 2.3 ja 2.5). Viereisellä alueella, Uddaksessa, on kylämäistä, pienipiirteistä asutusta (kuva 2.10, 2.11 ja 2.12).





Kuva 2.3. Kokonniemessä risteilee virkistysreittejä sekä toimii laskettelukeskus, joka talvikauden ulkopuolella on aktiivisessa maastopyöräilykäytössä (kuva: Talusén).

Kokonniemen aluetta hallitsee luode-kaakko -suuntainen selänne (kuva 2.4). Sen pohjoisen suuntaiset rinteet ovat monin paikoin jyrkempiä kuin etelän puoleiset. Selänteen lounaisrinteellä sijaitsevaa leirintäaluetta ympäröi pääasiassa tiheä puusto, joka toimii osaltaan maisematilaa sulkevana elementtinä. Selänteen eteläkärjen näköalapaikan lähipuut ovat kasvaneet niin korkeiksi, että myös siellä näkymä on osittain kasvanut piiloon. Itse leirintäalueen puusto on puistomaisen harvaa.



Kuva 2.4. Kokonniemen olosuhteet rakentamismahdollisuuksien kannalta (kuva: Chen).





Kuva 2.5. Kokonniemen kansanpuiston paviljonki piiloutuu vanhojen puiden katveeseen. Selänteen näköalapaikkaa ympäröivät puut ovat kasvaneet näköalan eteen (kuva: Talusén).

Selänteen mäet ovat metsäisiä ja kallioisia, ja niistä suurinta osaa hallitsee tuore kangasmetsä. Leirintäalueen ympäristössä on myös kostean lehdon kasvillisuutta sekä lehtomaista kangasmetsää (kuva 2.9). Pääpuulajit ovat kuusi ja mänty. Uddaksen rannassa leirintäalueesta etelään on ruovikkoa ja ruovikkoista rantaluhtaa. Paviljongin lähistöllä on huomattavan vanhaa puustoa. (Vauhkonen et al. 2011, 1–2.)



Kuva 2.6. Kokonniemi nähtynä mereltä. Ruovikkoalue erottuu laajana edessä, rannan kostean lehdon puusto seuraavana ja selänteen vanhat havupuut taaimmaisena (kuva: Talusén).

Alueen linnustoon kuuluu tavanomaisen havupuumetsien lajiston lisäksi harmaahaikaroita ja idänuunilintuja. Idänuunilintukeskittymän on arvioitu olevan valtakunnallisesti merkittävä. Muita erikoisuuksia alueella ovat mustapääkerttu, sirittäjä, tiltalti ja töyhtötiainen. Ranta-alueella tavataan satakieliä, viitakerttusia ja rastaskerttusia. Rantapensaikot ja ruovikot (kuva 2.6) ovat lintujen kannalta arvokkaita, joten Kokonniemen luontoselvityksessä



suositellaan niiden säästämistä. (Vauhkonen et al. 2011, 2–3.) Ranta on monin paikoin tulvariskialuetta (Suomen ympäristökeskus 2015).



Kuva 2.7. Kansanpuiston alueella on vanhoja lehtipuita ja kuusia. Selänteen huipulla kalliot ja vanhat männyt sekä kuuset hallitsevat maisemaa (kuva: Talusén).

Chenin (2016) analyysin mukaan alueen mikroilmasto, maaperä ja muita seikkoja huomioiden ottaen parhaat rakennusalueet sijaitsevat etupäässä selänteen etelärinteellä. Karkeasti ottaen voidaan sanoa, että mitä alemmas merta kohti alueella liikutaan, sitä todennäköisemmin se sopii huonommin rakentamiseen kuin optimaalisimmat kohdat rinteessä erityisesti maan saviuuden vuoksi (kuva 2.4). Leirintäalueen kohdalla maa on pengerretty eri tasoihin (kuva 2.8).



Kuva 2.8. Leirintäalue sijaitsee rinteessä, joten se jakautuu eri vyöhykkeisiin penkereinä. Alueella on muutamia leirintäalueen huoltorakennuksia (kuva: Talusén).





Kuva 2.9. Leirintäalueella on aukeita ja puistomaisia sekä suojaisampia ja tiheäpuustoisempia alueita (kuva: Talusén).



Kuva 2.10. Leirintäalue rajautuu Uddaksentiehen, jonka toiselta puolelta alkaa Uddaksen pientaloalue (kuva: Talusén).





Kuva 2.11. Uddaksentie jatkuu kapeana kylätienä. Alueelle tyypillisiä elementtejä ovat kuusiaidat ja puukujat sekä hyvin lähellä tietä sijaitsevat rakennukset (kuva: Talusén).



Kuva 2.12. Uddaksentien varressa sijaitsevat pieni kenttä leikkipaikkoineen sekä kylän ilmoitustaulu ja postilaatikot (kuva: Talusén).



2.2 Porvoon energia ja kasvihuonekaasupäästöt

Suomessa kului vuonna 2013 yhteensä 1 341,4 PJ energiaa. Uusiutuvan energian osuus tästä oli 31 % eli 415,3 PJ. Tuotanto painottuu selkeästi metsä- ja bioperäisiin kierrätys-polttoaineisiin. (Motiva 2015n.) Porvoossa tilanne on kuitenkin muusta maasta poikkeava, sillä alueen energiayhtiö on investoinut uusiutuvaan energiaan poikkeuksellisen paljon. Porvoo on myös liittynyt Hiilineutraalit kunnat -verkostoon eli HINKU-foorumiin, jonka jäsenet ovat sitoutuneet kunnianhimoisiin päästövähennystavoitteisiin (HINKU-foorumi 2015). Tässä luvussa tarkastellaan Porvoon ominaispiirteitä energiankulutuksen ja -tuotannon sekä syntyvien päästöjen suhteen.

2.2.1 Ilmastotoimien strategiset taustat

Porvoon kaupungin kehittämisen keskeiseksi ohjenuoraksi on valittu ilmastonmuutoksen hillintä. Energiansäästö ja energiatehokkuuden edistäminen kuuluvat kaupungin strategian ja ympäristöohjelman teemoihin, keskeisinä tavoitteinaan yhdyskuntarakenteen eheyttäminen ja energiatehokas rakentaminen. Kaupungissa rakentamisen koko ketjua suunnittelusta toteutusvaiheeseen kehitetään energiatehokkuuden näkökulmasta. (Porvoo 2011, 3.) Kunnianhimoiset tavoitteet, Skaftkärr-projekti ja HINKU-jäsenyys ovat profiloineet kaupunkia energiaviisauden edelläkävijäksi.

Porvoossa energiatehokasta kaupunkirakennetta kehitetään tiivistämällä, eheyttämällä sekä ohjaamalla rakentamista Porvoon kyläkeskuksiin ja sijoittamalla aikaisempaa suurempi osa uusista asuinrakennuksista kaava-alueille. Keskeiset keinot parantaa alueiden energiatehokkuutta ja vähentää hiilidioksidipäästöjä ovat liikkumisen, rakennusten energiatehokkuuden ja energiantuotantotapojen erilaiset sääntelytavat. Energiatehokkuustarkastelun on tarkoitus sisältyä jatkossa kaupungin jokaiseen kaavaan, jotta asukkaat ja luottamushenkilöt voisivat ymmärtää ratkaisuvaihtoehtojen vaikutuksia. (Porvoo 2011, 7.)

Kaupungin energiatehokkuussopimuksen tavoitteena on edistää uusiutuvien energialähteiden käyttöä. Suunnitelmien mukaan aurinkoenergia, maalämpö ja bioenergiapohjaiset lähiratkaisut tulevat täydentämään kaukolämmön tuotantoa. (Porvoo 2011, 12.) Kaupungin selvitysten mukaan kaukolämpö on investointikustannusten kohtuullisuuden ja edullisten energialähteiden vuoksi kokonaiskustannuksiltaan edullisin ratkaisu. Kaukolämmön kasvihuonekaasupäästöt ovat matalat, koska sen tuotantoon käytetään kunnassa biopolttoaineita. Lämpöä tuotetaan yhteistuotannossa sähkön kanssa. "Yhteenvetona voidaan todeta, että kaukolämmön tuotannossa käytettävän biopolttoaineen suuri osuus yhdessä sähkön yhteistuotannon kanssa takaavat sen, ettei millään muulla ratkaisulla voida edes teoriassa päästä juurikaan pienempään CO₂-päästöihin." (Porvoo 2011, 13.) Puupohjaisten biopolttoaineiden päästöttömyys on kuitenkin vain laskennallista ja sähköntuotannon päästöjen määrää voidaan vielä vähentää (ks. luku 3.3.3), joten parannuksia Porvoon energiaratkaisuihin on tehtävissä, vaikka strategia-asiakirjan lause antaa ymmärtää muuta.

Kaukolämmön käyttöä pyritään edistämään myös kaavoituksen avulla. Tavoitteena on, että siellä missä kaukolämpöön liittyminen ei ole mahdollista, uusiutuvien energianlähteiden hyödyntämistä edistetään. Tällaisina lähteinä mainitaan aurinkoenergia, erilaiset bioenergiapohjaiset lähiratkaisut ja maalämpö. (Porvoo 2011, 13.)

Kestävää liikkumista edistetään Porvoossa jalankulkua, pyöräilyä ja joukkoliikennettä tukemalla. Myös tonttien luovutuksessa painotetaan energiatehokasta rakentamista. Raken-



tamisen laatua pyritään ohjaamaan etukäteen, jotta energiatehokkuushyötyjä saataisiin aikaan. Lisäksi kaupungin omistamien kiinteistöjen ja toimitilojen energiatehokkuuteen pyritään vaikuttamaan sekä uudisrakennuskohteissa että nykyisessä kiinteistökannassa. (Porvoo 2011, 8–11.)

2.2.2 Porvoon energiankulutus ja kasvihuonekaasupäästöt

Energiankulutuksen kuntakohtaisia ja kattavia arvioita on niukasti saatavilla. Myös erityisesti hajautetun uusiutuvan energian pientuotannon tilastointi on puutteellista (Tahkokorpi 2014, 1). Porvoon kaupungin osalta saatavilla ovat tiedot sähkön kulutuksesta, mutta kaikkien energiamuotojen koontia ei tätä diplomityötä tehtäessä löytynyt. Kuitenkin Uudenmaan liitto on arvioinut Porvoon seutukunnan (eli Askolan, Myrskylän, Porvoon ja Pukkilan kuntien) energiankulutusta muidenkin energiamuotojen osalta, mutta arviointi ei sisällä mittaustuloksia energiankulutuksesta, vaan ainoastaan kokonaisarvion tuotetusta hiilijalanjäljestä. Nämä arviot antavat silti yhdessä osviittaa energiankulutuksesta Porvoossa.

Vuonna 2014 Porvoossa kului yhteensä 2 173 GWh sähköä. Tästä asuminen ja maatalous veivät 236 GWh, sekä palvelut ja rakentaminen 123 GWh. Näin ollen teollisuuden osuus on merkittävä: 1 814 GWh. (Energiateollisuus 2015.) Porvoon seutukunnassa sähköä kului 2012 yhteensä 2 270 GWh (Uudenmaan liitto 2014, 41). Koko Suomen kulutus on 80 628 GWh (Energiateollisuus 2015).

Vuonna 2012 seutukunnan kerrosneliömetreistä kolmannes lämmitettiin sähköllä, 35 % kaukolämmöllä, öljyllä noin 20 % sekä maalämmöllä noin 2 %. Muut lämmitysmuodot kattavat noin 12 % kokonaisuudesta. Kaikkiaan rakennusten lämmittämisestä aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt olivat 130 000 CO₂-ekvivalenttitonnia. Sähkölämmityksen päästöt ovat kasvaneet vuosina 1990–2012 56 % ja siitä koostuu suurin osa lämmityksen päästöistä. Maalämmön käyttö lämmitysmuotona puolestaan on kaksinkertaistunut vuosina 2008–2012. Kaukolämpöä kulutettiin yhteensä 300 GWh eli noin 5,4 MWh asukasta kohden, ja koska sen tuotanto perustuu biopolttoaineisiin, on se laskennallisesti huomattavasti matalapäästöisempää kuin keskimäärin Uudellamaalla. (Uudenmaan liitto 2014, 39–41.)

Porvoon kasvihuonekaasupäästöjä ovat selvittäneet eri tahot. Uudenmaan liiton selvityksen mukaan Porvoon päästöt ovat kasvaneet vuodesta 1990 vuoteen 2012 noin 38 %, mikä on Uudenmaan kunnista toiseksi eniten (Uudenmaan liitto 2014). Kuitenkin valtaosa, noin 80 % kunnan päästöistä syntyy Kilpilahden teollisuusalueella. Ilman teollisuuden päästöjä kunnan kasvihuonekaasupäästöt olivat vuonna 2008 yhteensä noin 376 600 CO₂-ekvivalenttitonnia ja asukasta kohden noin 7,8 CO₂-ekvivalenttitonnia. (Porvoo 2015.) Taulukko 2.1 osoittavat tarkemmin, mistä lähteistä päästöt syntyvät sekä miten kasvihuonekaasupäästöt jakautuvat eri lähteiden välillä. Teollisuus pois lukien kulutussähkö on porvoolaisten päästölähteistä suurin, minkä vuoksi sen tuotantotapoihin pureutuminen voi vähentää kokonaispäästöjä paljonkin.



Taulukko 2.1. Porvoon kasvihuonekaasupäästöt (CO₂-ekvivalenttitonnia) asukasta kohden (Uudenmaan liitto 2014, 65).

	1990	2008	2012	2008–2012 muutospro- sentti	1990–2012 muutospro- sentti	Prosentti- osuudet 2012
Kaukolämpö	1,4	0,4	0,4	-2	-74	0
Öljylämmitys	0,9	0,7	0,6	-7	-33	1
Sähkölämmitys	0,9	1,1	1,2	10	28	1
Kulutussähkö	4,6	8,5	6,4	-25	39	8
Liikenne	3,3	3,2	2,9	-8	-11	4
Teollisuus ja työkoneet	57,4	73,4	70,2	-4	22	85
Jätehuolto	0,5	0,4	0,3	-21	-31	0
Maatalous	0,6	0,4	0,3	-31	-60	0
Yhteensä	69,7	88,0	82,3	-6	18	100

2.2.3 Kaupungin energiayhtiö Porvoon Energia

Sähkön ja kaukolämmön tuottamisesta, jakamisesta ja myymisestä, maakaasun jakamisesta ja myymisestä sekä verkkorakentamisen palveluista vastaa Porvoon kaupungin omistama Porvoon Energia -konserni. Yhtiöihin kuuluu emoyhtiö Porvoon Energiayhtiö Oy:n lisäksi sen tytäryhtiö Porvoon Sähköverkko Oy. (Porvoo 2011, 12.) Yhtiön toiminta-alue on noin 800 km² ja sillä oli sähköasiakkaita 34 300, kaukolämpöasiakkaita 1 995 ja maakaasuasiakkaita 41 vuonna 2014. (Porvoon Energia 2015.)

Yhtiön kaukolämmön vuosituotanto (240 GWh) kattaa yli 90 % Porvoon kaukolämmön myynnistä. Porvoon Energian kaukolämmön tuotannosta yli 90 % on tuotettu biopolttoaineilla. Sähkön vuosituotanto (75 GWh) kattaa noin 20 % yhtiön sähkönhankintatarpeesta. Yhtiön voimalaitoksissa tuotetaan Suomen luonnonsuojeluliiton sertifioimaa EKO-sähköä, jonka tuottamiseen käytetään vain puupohjaisia polttoaineita. (Porvoon Energia 2015.) Porvoon Energian energianlähteet ovat poikkeuksellisen vihreät, sillä esimerkiksi Helsingin Energian vuonna 2014 myymästä sähköstä vain 17 % ja kaukolämmöstä 0 % oli peräisin uusiutuvista lähteistä (Helen 2016).

2.2.4 Skaftkärr-projektin opetukset

Skaftkärr on Porvoon kaupungin merkittävimpiä rakentamiskohteita, sillä alue on kaupungin pientalomaisen rakentamisen pääpainopisteenä koko 2010-luvun ajan. Kaavarunko mahdollistaa 6 000 asukkaan kaupunginosan rakentumisen keskustan kaakkoispuolelle. Asuinaluetta suunniteltaessa Skaftkärr – Energiatehokkuus kaavoituksessa -hankkeeseen tuotettiin tietoa siitä, “millaisilla keinoilla on mahdollista vaikuttaa alueiden energiatehokkuuteen, mikä on erilaisten keinojen vaikuttavuus ja miten suunnittelukäytäntöjä olisi mahdollista tai tarpeen kehittää, jotta alueiden energiatehokkuus paranisi”. (Sitra 2010, 8–11.) Alueen rakentaminen on jo aloitettu.

Kaavarunko rakennettiin vaihtoehtotarkasteluiden pohjalta, sillä erilaisten ratkaisujen merkitys energiatehokkuuteen ja päästöjen vähenemiseen saatiin näin esiin. Vertailukohteena käytettiin alueelle aiemmin tehtyä kaavaa. Neljässä ratkaisumallissa erilaiset kaupunkirakenteelliset tekijät, energiantuotantotavat sekä liikkumis- ja liikennejärjestelmäratkaisut yhdistettiin, ja niiden energiankulutus sekä hiilidioksidipäästöt arvioitiin. Tämän lisäksi arvioitiin ratkaisujen taloudelliset vaikutukset asukkaan, kunnan ja energiayhtiön kannalta.



Johtopäätöksien tekemisessä hyödynnettiin ratkaisuvaihtoehtojille tehtyjä herkkyystarkasteluja ja vaikutusten arviointeja. Kun parhaat käytännöt oli tunnistettu, voitiin määritellä suunnitteluperiaatteet, joiden pohjalta itse kaavarunko laadittiin. (Sitra 2010, 8.)

Ratkaiseviksi tekijöiksi alueen energiatehokkuudessa nousivat lopulta energian tuotantotavat, liikkuminen ja rakennusten energiatehokkuus. Tulokset osoittivat selvästi, että alueiden energiatehokkuuteen ja syntyviin päästöihin voidaan vaikuttaa merkittävästi kaavoituksella, joko suorasti tai epäsuorasti. Siksi hiilijalanjäljen pienentäminen sekä energiatehokkuuden parantaminen tulisi liittää tiiviisti osaksi kaavoitusprosessia ja vaikutusten arviointia, mikä onkin merkittävä kehittämistarve kaavaproessin kannalta. (Sitra 2010, 8.)

Skaftkärr-projektin keskeisimpiä tuloksia oli, että kaavoitusratkaisulla voidaan vaikuttaa merkittävästi alueiden energiatehokkuuteen ja hiilijalanjälkeen. Tavoiteltaessa matalahiilistä kaavaa tulisi energianäkökulman olla läsnä prosessin jokaisella tasolla. Tiiviiden yhteisten energiajärjestelmien kannalta pantiin merkille: tiivis rakenne luo paremmat lähtökohdat paikallisille energiajärjestelmille kuin väljä rakenne. (Sitra 2010, 139–144.) Kuva 2.13 havainnollistaa ihanteellisen, energiankulutuksen ja -tuotannon huomioivan kaavaproessin kulkua. Kaaviossa korostuu erityisesti vaihtoehtotarkastelujen tärkeys, ja siinä esitetyt lähtökohdat ovat keskeisimmät tämän diplomityön kannalta.

1. Suunnitellaan vaihtoehtoiset maankäyttömallit. Selvitetään vaihtoehtoiset energiantuotantoratkaisut.
2. Arvioidaan vaihtoehtojen vaikutukset.
3. Määritetään energiankulutus ja hiilipäästöt maankäyttömalleille erilaisilla rakennusten energiatehokkuustasoilla.
4. Yhdistetään alueelliset energiatehokkuuteen liittyvät vaikutukset energiantuotantoratkaisuihin ja rakennusten energiatehokkuustasoon.
5. Tehdään laskentojen perusteella johtopäätökset tarkoituksenmukaisimmista ratkaisuista ja laaditaan tältä pohjalta kaavaluonnos.

Kuva 2.13. Skaftkärr -projektin suositus uudesta kaavoitusprosessista (Sitra 2010, 149).





3 ENERGIAVIISAAN SUUNNITTELUN TEORiat



3 Energiaviisaan suunnittelun teorat

Ensimmäisten joukossa alueiden ja yhteisöjen kestävyyyteen energiankulutuksen ja ilmasto- päästöjen kannalta vaikuttava toimija on kaavoittaja. Ilmastonmuutokseen vastaaminen kaavoituksen keinoin edellyttää sekä kaavoitus- että energiaprofession yhteissuunnittelua (co-planning). (Ahonen 2013, 58–59.) Tässä luvussa tarkastellaan tämän diplomityön kannalta olennaista tieteellistä keskustelua: matalapäästöisten alueiden suunnittelua eri kaavatasoilla alaluvussa 3.1, energiatehokkaan kaavoituksen ohjenuoria alaluvussa 3.2 sekä paikallista uusiutuvaa energiantuotantoa alaluvussa 3.3.

3.1 Matalapäästöisten alueiden suunnitteluprosessi Suomessa

Kansainväliset sopimukset ilmastonmuutoksen hillinnästä velvoittavat maailman valtioita vähentämään kasvihuonepäästöjään (Klap et al. 2013, 46). Kuntien ja kaupunkien tasolla ilmasto- ja energiatehokkuustyötä tehdään ideaalitapauksessa kaikilla kunnan sektoreilla. Kaavoituskin on siten vain yksi osa-alue, jolla ilmasto- ja energiatehokkuustyötä tuodaan käytäntöön. Kunnan ilmastotyötä ohjaa parhaassa tapauksessa jonkinlainen ilmasto- tai energiastrategia. Strategian ohjenuorien tuomista käytäntöön edistävät kaikki kaavatasot. Edelleen ohjausta konkreettisemmille tasoille tehdään asemakaavatyön yhteydessä sekä rakennustapaohjeiden, tontinluovutusehtojen ynnä muiden ohjeistuksien avulla. Merkittäviä vaikuttajia ilmasto- ja energiatehokkuusasioissa ovat erityisesti kunnan eri päättäjät ja virkamiehet, kunnalliset energiayhtiöt sekä kunnan asukkaat. (Dahlqvist-Solin et al. 2013.)

3.1.1 Kansainvälinen ja valtakunnallinen taso

Ilmastonmuutoksen hillintään pureudutaan monilla hallinnon tasoilla (Dahlqvist-Solin et al. 2013). Korkeimmalla hierarkiassa voidaan ajatella olevan kansainvälisten sopimusten. Uusi Pariisin ilmastokokouksen tuote, oikeudellisesti sitova ilmastosopimus, painostaa valtioita rajoittamaan ilmaston lämpenemisen alle kahteen celsiusasteeseen. Sopimukseen sitoutuneet valtiot, mukaan lukien Suomi, ovat velvoitettuja raporttoimaan läpinäkyvästi suunnitelluista ja toteutuneista päästövähennyksistään. (Ympäristöministeriö 2015.) Valtakunnan sitoutuminen ilmastosopimukseen tulee väistämättä vaikuttamaan myös suomalaisien kuntien ja kaupunkien toimintaan.

Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet ohjaavat kaikkea kaavoitusta ja alueidenkäytön ohjausta. Keskeisimmiltä osin tavoitteet painottavat eheää yhdyskuntarakennetta ja kestävä kaavoitusta. Lisäksi energiansäästö sekä uusiutuvien energialähteiden ja kaukolämmön käytön sekä sähkön ja lämmön yhteistuotannon edistäminen ovat energiahuollon suhteen keskeisimpiä painopisteitä. Valtakunnallisissa alueidenkäyttötavoitteissa linjataan, että tuulivoiman tuotantoon soveltuvat paikat on osoitettava jo maakuntakaavavaiheessa. Myös henkilöautoliikenteen määrää tulee vähentää. (Valtioneuvoston päätös valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden tarkistamisesta 2008.)

Maankäyttö- ja rakennuslaki vaikuttaa osaltaan matalapäästöisten alueiden suunnitteluun. Lain tavoitteena on luoda hyvän elinympäristön edellytykset ja edistää kestävä kehitystä niin taloudellisesti, sosiaalisesti, ekologisesti kuin kulttuurisestikin. Laissa määrätään energia-teeman sisällyttämisestä valtakunnallisiin alueidenkäyttötavoitteisiin sekä eri kaavahierarkian tasoihin. Laki esimerkiksi antaa kaavalle luvan velvoittaa rakennukset liittymään kaukolämpöverkkoon energiatehokkuuden takaamiseksi, pois lukien kuitenkin ra-



kennukset, joiden pääasiallinen lämmitysjärjestelmä perustuu matalapäästöisiin uusiutuviin energialähteisiin. Luvun 17 117 g § säättää erikseen rakentamisen energiatehokkuudesta. Siinä määrättävien seikkojen, kuten rakennuksen suunnittelu energiatehokkaaksi sekä energiankulutuksen seurannan mahdollistaminen, toteuttamisesta on vastuussa rakennushankkeeseen ryhtyvä taho. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132.)

3.1.2 Maakuntakaavataso

Maakuntakaava kuvaa koko maakunnan alueen maankäyttöä ja sen painopisteitä ovat kuntarajat ylittävät vaikutukset ja seudullisesti merkittävä maankäyttö. Maakuntakaavalla säädetään yleispiirteisiä asioita ja sillä voidaan osoittaa esimerkiksi toimintoja, jotka vaativat pinta-alansa puolesta suuria alueita tai joilla on laajamittaisia vaikutuksia ympäristöön, kuten esimerkiksi tuulivoimatuotanto. (Klap et al 2013, 48.) Maakuntakaava vaikuttaa energiatehokkuuteen rakenteita tiivistämällä ja täydentämällä sekä yhteyksiä ja verkostoja parantamalla (Dahlqvist-Solin et al. 2013).

Seikkoja, joihin maakuntakaavalla voidaan energia-asioissa vaikuttaa, ovat esimerkiksi uusiutuvan energiantuotannon polttoainelogistiikka, hajautetun energiantuotannon merkittävien siirtolinjojen kehittämistarpeet ja alueellisten energialaitosten tai -kohteiden sijainnit. Maakunnassa tulisi laatia energiankulutus- ja energiantuotantoselvitys, joka listaisi alueellisesti potentiaaliset tuotantomuodot ja määrittäisi lämpö- ja sähköenergian kulutuksen, tarpeet tai potentiaalin kauko- tai hukkalämmön hyödyntämiseksi sekä uusiutuvien polttoaineiden potentiaalin maakunnassa. Maakuntatason kattava selvitys edesauttaisi sitä, että hajallaan sijaitsevat eri polttoaineiden lähteet ja käyttökohteet tulisivat tehokkaasti hyödynnetyiksi. Energiatehokkuuden puolesta maakuntakaavassa voidaan ohjata eri toimintojen yhteensovittamista sekä sijoittamista potentiaalisten energiantuotantomuotojen yhteyteen ja hyvien liikenneyhteyksien ulottuviin. Laajoja alueita vaativat energiantuotantomuodot, energiansiirtoon liittyvät verkot ja väylät sekä energiantuotannon ja energiatehokkuuden kannalta strategiset kohteet on maakuntakaavassa tärkeää tuoda esiin. (Klap et al. 2013, 48–49.)

3.1.3 Yleiskaavataso

Klap ja muut (2013, 49) pitävät yleiskaavaa maankäytön ja energiajärjestelmien yhteensovittamisessa ja kehittämisessä keskeisimpänä kaavatasona, sillä yleiskaavalla ratkaistaan kunnan alueiden tehokkuus, taloudellisuus ja koko yhdyskuntarakenteen toimivuus. Yleiskaavatasolla määritellään energiaratkaisujen tilavaatimukset, vaikutetaan alueen vaiheittaiseen rakentumiseen sekä yleisesti vaikutetaan syntyviin liikennesuoritteisiin ja kulkutapajakaumiin päätettäessä asumisen, työpaikkojen, palveluiden ja virkistystoiminnan sijoittumisesta alueelle (Dahlqvist-Solin et al. 2013 ja Sitra 2010, 140).

Yleiskaavassa pitäisi arvioida kaikille alueille sopivin energiantuotantotapa ja suhteuttaa aluetehokkuudet sen mukaisesti. Tulisi suunnitella, mille alueille keskitetyn energiantuotannon hyödyntäminen (siis erityisesti kaukolämpö) kohdistetaan, mitkä alueet voisivat tiivistämällä liittyä siihen ja millä alueilla panostetaan kiinteistökohtaisiin tai alueellisiin energiajärjestelmiin. Energian kulutus ja saatavuus alueille olisi tärkeää selvittää, huomioiden alue- ja kiinteistökohtaisten energiajärjestelmien vaihtoehdot. Alueita, joille ei ole yleiskaavaa, ohjataan energiatehokkuuden osalta rakennusjärjestyksellä ja rakennuslupamenettelyllä. (Klap et al. 2013, 49-50.)



3.1.4 Asemakaavataso

Asemakaava rakennustapaohjeineen ja muine materiaaleineen viimeistelee pitkäjärjestyksen suunnitteluprosessin vaikuttamalla kortteli- ja rakennustason ratkaisuihin ja laatuun. Esimerkiksi rakennusten energia- ja materiaalihokkuuteen, ihmisten liikkumiseen ja ekosysteemien hyvinvointiin voidaan vaikuttaa konkreettisin ratkaisuin asemakaavavaiheessa. (Dahlqvist-Solin et al. 2013.) ”Usein energiatehokkuustavoitteiden konkretisoiminen jätetään asemakaavatasolle ratkaistaviksi, ja myöhemmin rakentajan huoleksi, kun merkittävimmät yhdyskunnan ekotehokkuuteen vaikuttavat päätökset olisi pitänyt johdonmukaisesti kuljettaa kaikkien suunnittelutasojen läpi” (Dahlqvist-Solin et al. 2013, 29).

Asemakaavavaiheessa tehtävät energiaselvitykset liittyvät rakennusten energiankulutukseen, paikalliseen potentiaaliin tuottaa uusiutuvaa energiaa sekä energiajärjestelmien valintaan ja järjestelmien suunnitteluun. Selvitysten tulisi huomioida rakennusten energiatehokkuustasot, energiajärjestelmävaihtoehdot ja mahdollisuus hyödyntää kaukolämpöä, energiantuotantopotentiaali alueella, valintojen hiilipäästöt ja primäärienergian kulutus sekä järjestelmien kustannukset. Klap ja muut pitävät vaihtoehtotarkasteluja parhaana tapana vertailla energiavalintojen vaikutuksia kaavassa. (Klap et al. 2013, 50.)

Sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksissa tuotettua kaukolämpöä pidetään yleisesti päästöhokkaimpana lämmitysratkaisuna Suomessa. ”Yhteistuotannon kaukolämmön korvaaminen sähköön perustuvalla lämmityksellä, vaikka sitten lämpöpumpuilla, lisää pääosin lauhdesähkön tuotantoa, mikä taas nostaa päästöjä huomattavasti yhteistuotantoon verrattuna.” (Klap et al. 2013, 51.) Siksi yhteistuotetun kaukolämmön suosiminen kaava-alueiden ensisijaisena lämmitysratkaisuna on tavoittelemisen arvoista.

Harkittaessa kaukolämpöä alueen lämpöratkaisuksi, on ensimmäiseksi syytä selvittää paikallisen energiayhtiön kanssa, voidaanko alueella tukeutua yhteistuotettuun kaukolämpöön. Asiaan vaikuttaa alueen energiatiheys eli se, paljonko kaukolämpöverkkoa pitää rakentaa sekä kuinka paljon alueen asukkaat ostaisivat kaukolämpöä. Omakotialueella kaukolämmön rakentaminen tulee helposti kalliimmaksi kuin kerrostalo-, toimisto- tai teollisuusalueilla, joilla jokaisen putken päässä lämpöä tarvitaan enemmän kuin yhden kotitalouden tarpeisiin. Putkipituuteen vaikuttaminen rakennusten sijoittelulla voikin olla ratkaisevaa. Näin ollen kaukolämmön mahdollisuuksia selvittäessä pitää huomioida alueen energiankulutus, verkoston ja lämpöenergian kustannukset sekä se, onko kaukolämpöön liittymiseen tarvetta velvoittaa. Kun on tiedossa, millä kaavan alueilla kaukolämpö on kannattava ratkaisu, voidaan pohtia vaihtoehtoisia lämmitysjärjestelmiä tai kaavan muokkaamista kaukolämmölle sopivammaksi. (Klap et al. 2013, 51.)

Alueelle tai sen lähistölle voidaan myös perustaa pienitehoinen lämpövoimala, joka tuottaa alueen omiin tarpeisiin lämpöenergiaa. Tällainen alueellinen järjestelmä voi perustua esimerkiksi puupelletteihin tai -hakkeeseen, maalämpöön tai biokaasuun. Alueellisen pienvoimalan kustannukset voivat olla suuremmat kuin kaukolämpöverkkoon kytketyn voimalan, mutta toisaalta säästyy kustannuksia pitkien putkiverkkojen rakentamisesta ja niistä aiheutuvista lämpöhäviöistä. Lämmön lisäksi alueellinen lämpövoimala voi tuottaa alueen kiinteistöihin jäähdytystä. Haasteena on kaava-alueen hidas rakentuminen, jolloin voimalan alitehoisena ajaminen voi tuottaa ongelmia toimivuuteen, mitoittamiseen ja investoinnin takaisinmaksu-aikaan. Alueellisen lämpölaitoksen voi toteuttaa yrittäjä tai asukkaiden omistama osuuskunta. Alueellisen pienvoimalan sijaan tai sen rinnalla alueella voi toimia myös kiinteistökohtainen järjestelmä. (Klap et al. 2013, 52.)



Paikallisen uusiutuvan energian tuotannon potentiaalia alueella arvioitaessa pitäisi vaihtoehtoina ottaa huomioon ainakin maa- ja järvilämpö, ilma- ja ilma-vesi -lämpöpumput, aurinkosähkö ja -lämpö, pientuulivoima ja puupolttoaineilla toimivat lämmityskattilat. Edistämällä erilaisia tuotantotapoja varaudutaan fossiilisten energianlähteiden vähentymiseen ja siitä aiheutuvaan hintojen nousuun sekä parannetaan alueen energiaomavaraisuutta. (Klap et al. 2013, 52.) Eri energiaratkaisujen kohdalla kaavassa täytyy huomioida erilaisia seikkoja, joihin perehdytään lisää luvussa 3.3.

Energia-asioiden integroiminen jokaiseen suunnittelun vaiheeseen vie kohti energiaviisasta kaavoitusta. Kuitenkin paikallisen energiantuotannon ratkaisujen suunnittelun kannalta asemakaavataso on erityisen tärkeä vaihe, koska silloin voidaan ottaa huomioon käytännön seikkoja, kuten käytettävä tila ja alueen yhteydet. (Sitra 2010, 139–144.) Aluetta suunniteltaessa kaikkien energiantuotantovaihtoehtojen huomioiminen ja tutkiminen on tarpeen. Vaihtoehtoisia suunnitelmia luonnosteltaessa on eri ratkaisujen vaikutuksista tehtävä jonkinlaisia olettamia, mutta on pidettävä mielessä, että kaikki energiaratkaisuvaihtoehdot kilpailukykyineen muuttuvat nopealla tahdilla. Yksityiskohtaisempaa energiantuotannon ohjausta voidaan tehdä rakennusjärjestystä muotoiltaessa, sillä silloin rakentamisvaiheen alkuun on jo huomattavasti vähemmän aikaa. (Sitra 2010, 145–150.)

3.1.5 Kaavoja täydentävä ohjaus

Rakentamistapaohjeilla voidaan täydentää yleis- tai asemakaavan ohjausta. Ne voivat käsitellä energiatehokkuuteen tähtääviä suunnitteluperiaatteita ja ohjeistaa esimerkiksi hyvän pienilmaston muodostamisessa, energiateknisissä ratkaisuissa, yhteistilojen toteuttamisessa ja rakennusmateriaaleissa. Ohjeilla voidaan velvoittaa varautumaan uusiutuvien energiantuotantotapojen hyödyntämiseen tilojen ja teknisten järjestelmien suunnittelussa. Voidaan myös ohjata esimerkiksi aurinkopaneelien käyttöä julkisivumateriaalina ja osana rakennuksen arkkitehtuuria. Maalämmön suhteen voidaan esimerkiksi määritellä porakaivojen etäisyyksiä ja tilavarauksia tonteilla tai kortteleissa. Rakentamistapaohjeet on laadittava ja hyväksyttävä samaan aikaan kaavan kanssa. (Klap et al. 2013, 55.)

Tontinluovutussopimuksen yhteydessä voidaan sopia sitovasti esimerkiksi rakennusten energiatehokkuusvaatimuksista ja energiantuotantotavoista tontinluovutusehdoilla (Klap et al. 2013, 55). Energiatehokkuus- ja päästörajavaatimusten sisällyttäminen tontinluovutusehtoihin ja kaavamääräyksiin sitouttaa alueen kehittäjät ja toteuttajat sovittuihin raja-arvoihin, jotka koskevat rakentamista ja rakennusten käyttöä (Dahlqvist-Solin et al. 2013). Ehtoja voidaan asettaa esimerkiksi sähkönkäytön pienentämiseksi rajoittamalla tai kieltämällä vaikkapa ulkoalueiden sulatuslämmityksen. Tontinluovutuksessa voidaan hyödyntää myös energiatehokkuuskannustimia, kuten tonttivuokra-alennuksia passiivitaloille. (Klap et al. 2013, 55–56.)

Kaavoittamattomilla alueilla kunnan rakennusjärjestys ohjaa rakentamista. Esimerkiksi tuulivoimaloiden sijoittumisperiaatteet ja luvanvaraisuus tai maalämpöjärjestelmien rakentamisedellytykset pohjavesialueilla ovat seikkoja, joita voidaan säädellä rakennusjärjestyksen kautta. (Klap et al. 2013, 57.)



3.1.6 Kaavoituksen kehittäminen energiaviisaammaksi

Suunnitteluprofessio on pääosin keskittynyt energian säästämiseen esimerkiksi energiatehokkaiden rakennusten ja kaupunkirakenteen suunnittelun kautta. Uusiutuvan energian haasteita on pidetty ensisijaisesti teknologisina ja insinöörimaailman ongelmina sen sijaan, että niiden ajateltaisi olevan sosiaalisia haasteita. Kazan ja Curtisin mukaan maankäytön suunnittelun ammattilaisten pitäisi lähestyä uusiutuvan energian tuotantoa muunakin kuin sijoittelutehtävänä, ja ottaa huomioon erilaisten teknologioiden koko elinkaari sekä polttoaineenkulutuksen vaikutukset maankäyttöön. Huomioitava olisi myös polttoaineen hankinta, tuotantofasilitteettien sijoittelu, rinnakkaisten tuotantoprosessien samanaikainen olemassaolo ja jätteen hävittäminen, sillä niillä kaikilla on vaikutuksensa maankäyttöön ja ympäristöön. Siksi ne myös ovat suunnittelukysymyksiä. (Kaza & Curtis 2014, 355–356.)

Myös Skaftkärr-projektin loppuraportissa kaavoituksen kehittämiseksi ehdotettiin uudenlaista prosessia, jossa energiatehokkuus ja energiantuotanto ovat läsnä ja arvioinnin kohteena kaavaprosessin alusta asti. Prosessin kulku esiteltiin tarkemmin luvussa 2.2.4. Kaavaprosessin kehittämisen ja suunnittelijoiden näkökulman laajentamisen kautta energiaviisaat ratkaisut voisivat integroitua kaavoituksen muiden aihepiirien joukkoon sulavasti.

3.2 *Energiatehokkaasta kaupunkirakenteesta tehtyjen tutkimusten ohjenuoria*

Energiatehokkaan yhdyskuntarakenteen syntymiseen vaikuttavia tekijöitä on tutkittu runsaasti. Tässä luvussa esitellään hyväksi koettuja ratkaisuja, jotka vähentävät alueiden energiankulutusta. On huomattava, että kaikkia esiteltyjä ratkaisuita ei voida hyödyntää Kokkonien tapauksessa, mutta kokonaisuuden hahmottamisen vuoksi niihin perehtyminen on tärkeää.

3.2.1 Seututason vaikuttaminen energiatehokkuuteen

Seutumittakaavassa tehtyä tutkimusta energiatehokkaasta yhdyskuntarakenteesta on huomattavasti vähemmän kuin kortteli- tai rakennustasolle keskittyvää (Ko 2013, 342). Espanjalaistutkimuksessa (Ariza-Montobbio et al. 2014), joka keskittyi seudulliseen yhdyskuntarakenteeseen ja eri toimintojen sijoittumiseen seudun sisäisesti, havaittiin, että työn ja asumisen sijoittaminen yhteisille alueille korreloi pienemmän intensiteetin ja yleisesti matalamman kulutuksen kanssa sähkön käytön suhteen. Sen sijaan työssäkäyntiin ja asumiseen erikseen keskittyvien alueiden verkosto lisäsi tutkimusalueella yleistä sähkönkulutusta sekä tuntiperusteisesti (kohti tuntia ihmistoimintaa) että pinta-alaperusteisesti (kohti hehtaaria ihmistoimintaa). Tutkijat varoittavat, että kaavat, joissa hajautettua energiantuotantoa suunniteltaessa ei ole otettu huomioon työn ja asumisen spatiaalista segregatiota, joka korreloi korkeamman liikkumisen tarpeen lisäksi korkeamman sähkönkulutuksen kanssa, tuskin vähentävät energian kokonaiskulutusta tai maksimoivat energian siirtämisen tehokkuutta. (Ariza-Montobbio et al. 2014, 952–953.)

Seudullinen näkökulma paljasti myös paikallisten rakenteiden vaikutuksia sähkönkulutukseen. Tutkimuksessa hajautunut kaupunkirakenne, jossa suuret asunnot ja omakotitalot ovat valtavirtaa, korreloi korkeamman intensiteetin sähkönkulutuksen kanssa. Mitä enemmän ihmiset asuvat yksin ja mitä enemmän kunnassa on omakotitaloja, sitä enemmän sähköä kulutetaan. Koska palveluihin keskittyneet kaupungit kuluttavat vähemmän sähköä



aktiivista tuntia kohden, tutkijat pitävät älykaupunki-kehityksen edistämistä sähkön kulutuksen vähentämisen kannalta haitallisena, sillä heidän mukaansa paljolti ylistetyllä älykaupunki-ajattelulla suljetaan energiaintensiiviset maatalous- ja teollisuustoiminnot maantieteellisesti ulkopuolisiksi. Älyratkaisujen sijaan pitäisikin keskittyä tasapainottamaan maan- ja ajankäytön spatiaalista jakautumista tavoiteltaessa energiapihiä kaupunki- ja seuturakennetta. Tiivistetysti ilmaistuna tutkijoiden mukaan sähkönkulutuksen suhteen ihan teellistä olisi kehittää aluerakennetta keskikokoisten, kompaktien ja monitoimintoisten pikkukaupunkien ympärille hajaantuneiden ja yksitoimintoisten taajamien sijaan. (Ariza-Montobbio et al. 2014, 951–952.)

3.2.2 Alueelliset energiatehokkaat ratkaisut

Kortteli- ja rakennustasolla tutkimusta energiatehokkaista ratkaisuista on tehty paljon. Eri-tyisesti tutkimuksia on julkaistu paljon puiden varjostamisen vaikutuksesta viilennysenergian käyttöön. Varsin vähän on toisaalta tutkittu korttelirakenteen (community layout) vaikutusta sähkö- ja lämmitysenergian käyttöön. Valtaosa asumisen energiankulutuksen tutkimuksesta osoittaa, että asukkaat käyttävät vähemmän energiaa kotitaloutta ja henkilöä kohden tiiviissä kaupunkirakenteessa kuin hajautuneessa kaupunkirakenteessa. (Ko 2013, 342.)

Kon (2013) kirjallisuuskatsaus kokosi yhteen parhaita käytäntöjä alueellisen suunnittelutason ratkaisuista, joilla voidaan vähentää asumisen sähkö- ja lämpöenergian kulutusta. Periaatteet vaikuttavat kukin tavallaan alueen mikroilmastoon, auringonvalon määrään, tuulen määrään ja paikalliseen lämpötilaan (Ko 2013, 329). Ensinnäkin, urbaanien alueiden tiivistäminen ja asuntojen ja tonttien koon pienentäminen on seikka, jonka lämmitysenergian tarvetta laskevasta vaikutuksesta Kon tarkastelemat tutkimukset olivat yhtä mieltä. Energiankulutukseen liittyvää sääntelyä ja kannustimia pitäisi olla olemassa enemmän. Myös esimerkiksi kaavamerkintöjen muutokset rakennustehokkuuksien korottamisen osalta ja rakennusten joustavan tontille sijoittelun salliminen auringonvalon määrän maksimoimiseksi voivat olla hyviä keinoja energiatehokkaiden alueiden aikaansaamiseksi. Auringonvalon määrään voidaan vaikuttaa merkittävästi myös sijoittamalla rakennukset pitkät sivut etelää kohden. (Ko 2013, 342.)

Puiden tontille jättäminen tai istuttaminen talojen ympäristöön on energiatehokkuuden edistämisen keino, jonka hyödyntämisessä pitää olla tarkkana. Puut vaikuttavat energiankulutukseen sekä varjostamalla että tuulensuojaa tarjoamalla, joten puiden sijoittelun hyödyllisyys riippuu alueen ilmastosta. Karkeasti ottaen Ko tiivistää, että useimpiin ilmasto-olosuhteisiin sopii hyvin talon länsipuolelle istutettavat lehtipuut, koska ne tarjoavat varjoa kesällä, mutta päästävät auringonvalon läpi talvella. Jos auringonvalon energiaa hyödynnetään rakennuksen lämmittämisessä tai sähköntuotannossa, voi puiden istuttaminen talon eteläpuolelle aiheuttaa turhia kustannuksia. Puiden suuri määrä voi myös vaikuttaa valaistuksen tarpeen lisääntymiseen. (Ko 2013, 336–337.)

Lämpösaarekkeiden syntymistä voidaan ehkäistä sopivan tiiviillä rakentamisella ja auringolle altistuvien pintojen määrän minimoimisella. Nurmialueiden pienentäminen, läpäisemättömien pintojen vähentäminen, varjoisten alueiden lisääminen ja vaaleasävyisten pintojen suosiminen edesauttavat sitä, että mahdollisimman vähän lämpöenergiaa sitoutuu alueelle. (Ko 2013, 342.) Suomessa lämpöenergian sitoutuminen alueelle voi kuitenkin olla tavoite, johon halutaan pyrkiä erityisesti kesäkauden ulkopuolella, joten keinojen käyt-



töönottoa tulee harkita paikkakohtaisesti. Siis esimerkiksi laajojen, varjottomien nurmialueiden pienentäminen alueen ylikuumentumisen estämiseksi ei Suomen olosuhteissa yleisesti ole ongelma.

Liialliselta tuulelta, joka kasvattaa lämmitysenergian tarvetta, voidaan taloja suojata monin keinoin. Rakennuksen sijaintia voidaan optimoida maastonmuotoihin. Puita voidaan sijoitella rakennusten suojaksi, samoin kylmiä piharakennuksia. Taloja voidaan myös sijoitella ryhmäksi siten, että tuulutunnelleita ei pääse syntymään pitkille suorille. Myös rakennusten muodolla voidaan vaikuttaa tuulen kulkuun. Suomessa lämmön kannalta parhaita rakennusten sijoittelupaikkoja ovat etelärinteiden yläosat. Rinteissä pitäisi kuitenkin välttää pitkien, korkeuskäyrien suuntaisten yhtenäisten rakennusmassojen rakentamista, koska rinnettä alas valuva kylmä ilma jää rakennusten taakse. (Erat et al. 2008, 32–49.)

Autoilun vähentämiseksi voidaan pyrkiä niukempaan pysäköintipaikkojen mitoittamiseen, varaamalla yhteiskäytössä oleville autoille omia pysäköintipaikkoja sekä mahdollistamalla sähköauton käyttö alueella varaamalla niille latauspaikkoja yleiselle pysäköintialueelle. Kävelyn ja pyöräilyn pitäminen etusijalla voi itsessään vähentää autoilua. Sitä voidaan edistää esimerkiksi hyödyntämällä shared space -ajatusta kaduilla, eli katutilan antamista eri liikennemuotojen yhteiseen käyttöön. Mutkittelevat ajoreitit ja huomion kiinnittyminen muihin käyttäjiin pitää ajonopeudet alhaisina. Ratkaisu sopii erityisesti katuosuuksille, joilla on vähän liikennettä ja ei lainkaan läpiajoa. Lisäksi hiilijalanjälkeä voidaan pienentää suunnittelemalla alueelle minimimäärä katulinjauksia. (Laakso et al. 2013, 78–91.)

Asukkaiden tuottamiin välillisiin ilmastopäästöihin voidaan yhdyskuntasuunnittelussa vaikuttaa kannustamalla esimerkiksi paikallisen ruuan tuotantoon kasvimaita perustamalla. Näin voidaan myös korostaa elinympäristön elämyksellisyyttä kulutuskeskeisyyden sijaan eli vaikuttaa mahdollisesti merkittävästikin asenneilmastoon ja alueen imagoon. Lisäksi hiilinielujen huomioiminen alueen suunnittelussa auttaa pitämään kokonaishiilitaseen tasapainossa. Hiilinieluinä toimivat alueen puut ja muut kasvit sekä esimerkiksi viherkatot. Myös puun voidaan eräin laskentamenetelmin ajatella toimivan hiilinieluna rakennusmateriaalina käytettäessä. (Laakso et al. 2013, 80.)

Uuden rakentamisen sijaan vanhojen rakennusten korjaaminen energiatehokkaammiksi voi kuitenkin olla ilmastomuutoksen hidastamisen kannalta paras tapa tuottaa vähähiilistä rakennettua ympäristöä. Säynäjoen ja muiden (2012) tutkimuksessa uusien energiatehokkaiden rakennusten rakennusvaiheessa todettiin syntyvän niin suuret (60 % koko 50 vuoden aikajänteen päästöistä) päästöt, että vanhojen rakennusten korjaaminen energiatehokkaammiksi oli lyhyellä aikavälillä ilmaston kannalta parempi vaihtoehto. Tutkimuksessa todettiin, että ilmastomuutoksen etenemisen kannalta lyhyellä aikavälillä päästöjen väheneminen voi olla huomattavasti olennaisempaa kuin päästöjen väheneminen pitkällä aikavälillä. (Säynäjoki et al. 2012.)

3.2.3 Tiivistäminen ja elämäntapojen vaikutus ilmastopäästöihin

Energiatehokkuudessa on teknisten ratkaisujen ohella paljon kyse ihmisten tekemistä valinnoista ja heidän käyttäytymisestään. Siinä missä tiivistämistä on yleisesti pidetty energiatehokkaana ja päästöjä vähentävänä tekijänä jo pitkään (Heinonen & Junnila 2011), on elämäntapojen huomioiminen ilmastopäästöjen sijoittumisessa kaupunkirakenteeseen saanut enemmän huomiota vasta aivan viime vuosina. Samaan aikaan on kyseenalaistettu tii-



vistäminen energiatehokkuutta yksiselitteisesti parantavana ja päästöjä vähentävänä tekijänä (ks. esim. Heinonen & Junnila 2011).

Ottelinin ja muiden (2015) tutkimuksessa kaupunkivyöhykkeiden (tiivis kerrostalovaltainen alue, melko tiivis rivitalo- ja omakotitaloalue sekä väljä omakotitaloalue) ilmastoystävällisyydestä huomioitiin ensi kertaa sekä elämäntapojen että uusien ja vanhojen rakennusten väliset erot. Tutkimuksen keskeiset tulokset olivat, että uusi rakentaminen tiiviille kerrostalovaltaisille alueille ei olekaan yhtä matalapäästöistä, kuin aikaisemmasta tutkimuksesta on käynyt ilmi, ja että melko tiiviillä rivitalo- ja omakotitaloalueella sekä väljällä omakotitaloalueella uusien rakennusten asukkaat tuottavat vähemmän kasvihuonekaasupäästöjä kuin vanhojen rakennusten asukkaat rakennusten pienemmän energiankulutuksen vuoksi. Tiiviillä kerrostalovaltaisilla alueilla muu kulutus kumoaa hyödyt, jotka syntyvät uusien rakennusten matalammasta energiankulutuksesta ja siitä johtuvasta pienemmästä kasvihuonekaasupäästöjen määrästä. Tutkimuksen mukaan tiiviiden kerrostalovaltaisten alueiden uusien rakennusten asukkaiden kasvihuonekaasupäästöt asukasta kohden olivat vertailun suurimmat, mitä selitettiin osittain asukkaiden suuremmilla tuloilla. Muun muassa parantuneen energiatehokkuuden ja asennettujen maalämpöpumppujen ansiosta rakennusten energiankulutuksen kasvihuonekaasupäästöt ovat matalammat uudessa rakennuskannassa kuin vanhassa rakennuskannassa kaikilla kaupunkivyöhykkeillä. Tuloksia selitettiin tutkimuksessa sillä, että kerrostalovaltaisten alueiden asukkaat ovat tiukemmin riippuvaisia olemassa olevista järjestelmistä ja infrastruktuurista, kun taas muiden alueiden asukkaat voivat helpommin tehdä itsenäisiä, päästöjä vähentäviä ratkaisuja. Tutkijat suosittelevat artikkelissaan yhteisöllistä asumista sekä tilojen ja välineiden jakamista, sillä ne madaltaisivat erityisesti pienien kotitalouksien päästöjä. (Ottelin et al. 2015.)

Kommenttipuheenvuorossaan Hytönen ja Schmidt-Thomé huomauttavat, että Ottelinin ja muiden tutkimuksen keskeisin anti on se, että päivittäinen liikkuminen aiheuttaa päästöistä vain pienen osan, että ensisijaisesti kulutustottumukset ratkaisevat hiilijalanjäljen koon ja että tiiviissä kaupunkirakenteessa asumisesta johtuvan hiilijalanjäljen pienentäminen on ollut hajautunutta aluetta vaatimattomampaa. Heidän mielestään tutkimuksesta ei kuitenkaan voi vetää johtopäätöksiä suositeltavasta maankäytöstä. He pitävät myös vakiointia ongelmallisena tutkimusmenetelmänä. (Hytönen & Schmidt-Thomé 2015.)

3.3 Paikallinen energiantuotanto osana yhdyskuntia

Energiaomavaraiset kaupunkialueet ovat perimmäinen ratkaisu ongelmiin, joita syntyy yhteiskuntien riippuvuudesta fossiilisista energialähteistä (Ristimäki et al. 2013, 178). Uusiutuvan energian tuotanto vaatii kuitenkin monissa elinkaarensa vaiheissa runsaasti pintaa tavalla tai toisella (Kaza & Curtis 2014), minkä vuoksi uusiutuvan energian tuotannon järjestäminen erityisesti taajama-alueilla on merkittävä maankäytöllinen kysymys. Uusiutuvan energian tuottaminen hajautetusti ja paikallisesti kaupunkialueilla on mahdollista, mutta ei ongelmatonta. Siksi tässä luvussa keskitytään juuri tämän aihepiirin tarkasteluun.

3.3.1 Uusiutuva, hajautettu ja paikallinen energiantuotanto

Energiaa voidaan tuottaa alue-, rakennusryhmä- tai rakennuskohtaisilla ratkaisuilla. Useimmiten sähkö ostetaan sähköverkosta. Yleensä rakennuksen lämmitys ja jäähdytys puolestaan tuotetaan rakennus- tai rakennusryhmäkohtaisella energiantuotannolla, kuten



maalämmöllä, tai tuodaan alueelle kaukolämpö- ja kaukojäähdytysverkoston avulla tai rakennetaan oma alueellinen lämpökeskus ja sen lämmönsiirtoverkko. (Paiho 2015, 19.)

Energiantuotantoa kaupunkiympäristössä on helpompi hahmottaa, kun ymmärretään energiantuotannon malleja. Hajautetulla energiantuotannolla tarkoitetaan ”tuotantomallia, jossa sähkö-, lämpö- tai jäähdytysenergia tuotetaan lähellä loppukulutuspiistettä” (Motiva 2010, 6). Tuotanto tapahtuu tyypillisesti pienissä tuotantoyksiköissä tai -ratkaisuisissa. Hajautettu energiantuotanto ei viittaa ainoastaan uusiutuvien energialähteiden hyödyntämiseen, mutta kansainvälisesti kehitystyö ja tuotanto tapahtuu pitkälti uusiutuvilla lähteillä, koska ilmastomuutos on yksi hajautetun tuotannon keskeisiä ajureita. Keskitetyllä energiantuotannolla taas tarkoitetaan sähkön ja lämmön tuotantoa suuren kokoluokan voimalaitoksissa, joista se siirretään kulutuspiisteeseen sähkö- tai lämpöverkon avulla. Paikallisen energiantuotannon lähtökohtana puolestaan on paikallisten resurssien hyödyntäminen erilaisissa tuotannon sovelluksissa. (Motiva 2010, 6–7.)

Taulukko 3.1. Yhteenveto hajautetun energiantuotannon vaihtoehtoista. (Motiva 2010, 7).

Energialähde	Teknologia	Energiamuodot	Sovellukset	Valmiusaste
Polttoaineet	Lämpökeskukset	Lämpö	Aluekohtainen	Kaupallisia sovelluksia
	Kaasu- ja dieselmoottorit	Lämpö ja sähkö	Kiinteistö- / aluekohtainen	Kaupallisia sovelluksia
	Mikroturbiinit	Lämpö ja sähkö	Kiinteistö- / aluekohtainen	Kehittymässä / kaupallisia sovelluksia
	Stirling-moottorit	Lämpö ja sähkö	Kiinteistökohtainen	Kehittymässä
	Polttokennot	Lämpö ja sähkö	Kiinteistö- / aluekohtainen	Kehittymässä
	Höyrykoneet ja -turbiinit	Lämpö ja sähkö	Aluekohtainen	Kaupallisia sovelluksia
Uusiutuvat	Tuulivoima / pien-tuulivoima	Sähkö	Kiinteistö- / aluekohtainen	Kaupallisia sovelluksia
	Pienvesivoima	Sähkö	Aluekohtainen	Kaupallisia sovelluksia
	Aurinkosähkö	Sähkö	Kiinteistö- / aluekohtainen	Kehittymässä / kaupallisia sovelluksia
	Aurinkolämpö	Lämpö	Kiinteistö- / aluekohtainen	Kehittymässä / kaupallisia sovelluksia
	Lämpöpumput	Lämpö	Kiinteistö- / aluekohtainen	Kaupallisia sovelluksia

Taulukko 3.1 tiivistää hajautetun energiantuotannon muodot sekä mittakaavat, joissa niitä voidaan hyödyntää. On pantava merille, että taulukossa tarkastellaan vuoden 2010 tilannetta valmiusasteen suhteen, ja että näissä seikoissa voi tapahtua merkittäviä muutoksia lyhyessäkin ajassa. Tässä työssä keskitytään taulukossa listattuihin uusiutuviin hajautetun energian tuotantomuotoihin, mutta taulukko muistuttaa, että myös polttoaineisiin perustu-



vat teknologiat voivat tulevaisuudessa olla hyvinkin matalapäästöisiä uusiutuvien polttoainesten kehittyessä.

Suomalaisissa hajautetun tuotannon hankkeissa on tähän mennessä lähes poikkeuksetta hyödynnetty useampia energianlähteitä. Keskitetyt alueelliset lämpökeskukset perustuvat useimmiten puuhakkeeseen tai pelletteihin. Pienimmillään ne voivat olla mitoitettu muutamien rakennuksen tarpeisiin ja suurimmillaan olla tärkeä osa kaupungin kaukolämpöverkkoa. (Motiva 2010, 7–10.) Sähkön tuotannossa puolestaan pientuotantomarkkinat voidaan jakaa pientalokokoluokan järjestelmiin ja yrityskokoluokan tai suurten kiinteistöjen järjestelmiin. Tällä hetkellä aurinkosähkijärjestelmät ja pientuulivoimat soveltuvat kumpainkin kokoluokkaan, mutta pien-CHP -ratkaisut hyödyttävät järkevämmin suuremmassa kokoluokassa. (Pesola et al. 2014, 60.)

Keskitetty energiantuotanto vaatii polttoainetta ja muita resursseja kuljetettavaksi tuotantolaitokselle. Hajautettu energiantuotanto voi joko tukeutua paikallisiin polttoaineisiin tai kuluttaa energian paikallisesti, mikä vähentää tarvetta siirtää energiaa paikasta toiseen. Uusiutuvalla energialla puolestaan on matala energiatiheys (energy density) ja siksi vaikutukset maankäyttöön ovat huomattavasti suuremmat, vaikka fossiilisilla energianlähteillä voikin olla intensiivisemmät paikalliset vaikutukset. (Kaza & Curtis 2014, 355–356.)

Energian pientuotannolle on useita erilaisia määritelmiä, jotka pohjautuvat usein voimalan nimellis- tai maksimitehoon. Sähkön tuotannossa pienimuotoisen tuotannon teho on yleensä muutamista kymmenistä satoihin kilowatteihin, kuitenkin korkeintaan muutamia megawatteja. Sähkemarkkinalain pienimuotoisen sähkön tuotannon määritelmä on alle 2 MVA. Suurempien voimalaitosten markkinoita, verkkoa ja veroa koskevat lähes samat säännöt kuin teollisen mittakaavan tuotannossa. Mikrotuotannolla puolestaan tarkoitetaan “pienjänniteverkkoon kulutuskohteen yhteyteen kytkettyä sähkön tuotantolaitosta, jonka ensisijainen tarkoitus on tuottaa sähköä kulutuskohteeseen” ja joka voi olla myös yhdistettynä sähkönjakeluverkkoon. Tehorajana pidetään yleisesti 50 kVA. Pienimuotoisen sähkön tuotannon muodot ovat yleensä aurinkoenergia, tuulivoima, pienvesivoima, pien-CHP ja biokaasu. (Motiva 2016a.)

Tuotannosta syntyvän ylijäämäenergian myyminen on nykyisin mahdollista sähkön kohdalla. Omasta tuotantojärjestelmästä voidaan myydä ylijäämäsähköä jos tuotantolaitos on liitetty sähköverkkoon ja tuottaja on sopinut myynnistä verkonhaltijan kanssa. (Energiatollisuus 2016.) Tulevaisuuden energijärjestelmä mahdollisesti sallii sekä sähkön että lämpöenergian myymisen verkkoon (Laakso et al. 2013, 72), jolloin paikallinen energiantuotanto voi toimia myös tulonlähteenä tuotantokapasiteetin haltijoille. Nykytilanne vaikuttaa hajautettuun tuotantoon myös siten, että esimerkiksi aurinkosähkön tuotantojärjestelmät kannattaa mitoittaa siten, että tuotosta mahdollisimman suuri prosentuaalinen osuus kulutetaan itse sen sijaan, että potentiaalista otettaisiin kaikki irti ja sähköverkkoon myytävää ylijäämää tulisi toisinaan paljonkin. Tällä hetkellä tuotanto omaan kulutukseen optimoimalla saavutetaan parhaat taloudelliset hyödyt (Motiva 2014b).

3.3.2 Millaiset kaupunkirakenteet luovat energiantuotantopotentiaalia?

Väljät lähiöalueet soveltuvat tiiviitä keskustoja paremmin paikalliseen energian tuotantoon. Myös matalampi alue- ja korttelitehokkuus suosii pientuotantoa. (Helsinki 2015, 24, ja Kanters et al. 2014.) Yhtenä syynä tähän on, että matalilla aluetehokkuuksilla ylletään hel-



pommin omavaraisuuteen (Kanters et al 2014). Helsingin kaupunki (2013, 24) on myös arvoinut, että alueet, joilla ei vielä ole rakennettua infrastruktuuria, sopivat parhaiten paikallisen energian pientuotannon selvityskohteiksi. Espanjassa Katalonian alueella uusiutuvan sähkön tuotanto oli vuonna 2007 jo ohjautunut pääasiassa harvaan asutuille alueille, sillä tutkimuksen mukaan pienissä kylissä ja lähiöissä tuotanto oli kymmenkertaista kaupunkeihin nähden (Ariza-Montobbio et al. 2014, 950).

Kanters, Wall ja Dubois (2013) ovat tutkineet Ruotsissa korttelirakenteen ja aluetehokkuuden vaikutusta potentiaaliin tuottaa aurinkoenergiaa rakennusten seinillä ja katoilla. Neljästä vertaillusta alueesta parhaiten eri aluetehokkuuksilla pärjäsivät kaksi vaihtoehtoa, joissa korttelit olivat neliömäisiä tai suorakuutiomaisia umpikortteleita ja joissa talojen katot olivat tasaiset. (Kanters et al 2013.) Vertailun heikkoutena on kuitenkin se, että vertaillut alueet muistuttavat hyvin paljon toisiaan: yhdessä on harjakatot ja toisessa korttelit eivät ole umpinaisia. Toisin sanoen korttelit ovat rakenteeltaan lähes identtiset kattojen muotoa lukuunottamatta. Huomionarvoista on, että nykyarvoilla ja tehdyillä energiankulutusoletuksilla (sähköä 50 kWh/m² vuodessa ja lämpöä 20 kWh/m² vuodessa) jokainen umpikorttelirakenne ylsi energiaomavaraisuuteen yhdessä energiamuodossa kerrallaan (Kanters et al 2013). Tämä haastaa aikaisemmin esitetyn ajatuksen siitä, että energiaomavaraisuuteen yllettäisiin lähinnä harvaan asutuilla alueilla.

Tiiviillä alueilla on toisaalta energiahuoltoratkaisujen hoitamiseen usein enemmän vaihtoehtoja kuin harvaan asutuilla. Kiinteistöjen lämmitystarve tiiviillä alueilla on yhteenlaskettuna usein riittävä alueellisten lämpöverkkojen rakentamiseksi. Aluelämpöverkot perustuvat usein paikallisten energialähteiden hyödyntämiseen. Perinteisin ratkaisu eri puolilla Suomea on pienen kokoluokan lämpökeskuksen perustaminen. Hajautettu sähköntuotanto on kuitenkin vielä alkutekijöissään. Usein valinta tehdään käytännössä tuulivoiman tai aurinkosähkön välillä. Tiiviillä alueilla sähkön tuotanto on lähinnä ratkaisu vähentää verkosta ostettavan sähkön määrää, mutta tulevaisuudessa älykkäiden sähköverkkojen lisääntyessä voivat sähkön myyminen verkkoon ja erilaiset varastointiratkaisut yleistyä reippaasti. (Motiva 2010, 44.)

Harvaan asutuilla alueilla alueelliset lämmitysratkaisut eivät pääsääntöisesti ole kannattavia. Kuitenkin rakennusten keskittymät harvaan asutuilla alueilla voivat toimia alueellisten ratkaisujen voimalla. Haja-asutusalueiden hajautetut sähköntuotantoratkaisut ovat vastaavia kuin tiiviillä alueilla. Omavaraisuuteen yllettäessä voidaan kaukana valtakunnan verkosta sijaitsevilla paikoilla saavuttaa merkittäviä säästöjä, kun siirtoverkkoa ei tarvitse rakentaa. (Motiva 2010, 45.)

3.3.3 Eri energiantuotantomuotojen ominaisuudet ja niiden huomiominen kaavoituksessa

Hajautetun energiantuotannon toteuttamiseen on monia vaihtoehtoja, eikä yhtä oikeaa teknologiaa ole olemassa. Ratkaisujen valintaan vaikuttavat mm. paikalliset olosuhteet, käytössä olevat resurssit, paikalliset energianlähteet ja olemassa oleva energiainfrastrukturi. Maankäytön suunnittelun ja kaavoituksen keinoin voidaan edistää hajautettua energiantuotantoa. (Motiva 2010, 50.) Tässä alaluvussa esitellään erilaisia hajautetun energiantuotannon vaihtoehtoja sekä sitä, miten kaavoituksessa niiden hyödyntäminen ja käyttöönoton edistäminen on otettava huomioon. Mukana on myös uusiutumattomia energianlähteitä



niiden hajautettuun energiantuotantoon ja omavaraisuuden tavoitteluun tuomien mahdollisuuksien vuoksi. Luvun sisältö on tiivistettynä taulukoksi liitteessä 2.

Lämpöpumput

Lämpöpumpputyypistä riippuen pumppu ottaa lämpöenergiaa ulkoilmasta, vedestä, kalliosta, maasta tai talon ilmanvaihtoputkiston poistoilmasta. Pääosin lämpöenergia on peräisin auringosta talon ulkopuolelta otettavan energian osalta, mutta kallioperän lämpö on pääosin maapallon ytimessä radioaktiivisten aineiden hajoamisessa syntyvää lämpöä. Toimintaperiaate on jääkaapin kaltainen: pumppu kerää maaperästä tai vedestä sinne varastoitunutta lämpöä ja siirtää sen rakennuksen sisään. Pumppu tarvitsee toimiakseen sähköä. Äärimmäisen tehokkaat lämpöpumput voivat kerätä lämpöä $-20 - -30$ celsiusasteen lämpötilasta ja nostaa sen kompressorin avulla jopa $+60 - +70$ celsiusasteen tasolle. Hyötysuhde on tällaisessa tapauksessa jo huono laitteen kuluttaessa paljon sähköä. (Motiva 2015i.)

Maalämpöpumpulla voidaan lämmittää sekä rakennuksia että käyttövetä. Maahan porattavalla lämpökaivolla toteutetaan yli 60 % kaikista maalämpökohteista. Sen avulla järjestelmä kyetään rakentamaan ahtaillekin tonteille, mutta se on lämmönkeruuvaihtoehtoista usein kallein. (Motiva 2015k.) Kaivojen välisen etäisyyden on oltava vähintään 15–20 metriä toisistaan, joten on huomioitava se, onko naapurin tontilla kaivoa ja tuottaako yksi porakaivo tarpeeksi lämpöä yhden tontin tarpeisiin. Jos tontti on suuri, voidaan putket asentaa myös vaakatasoon noin metrin syvyyteen, mutta asennusta ei pidä tehdä kulkureittien alle vaan piha on putkille paras sijoituspaikka. (Motiva 2012b.) Porakaivo tulee sijoittaa vähintään viiden metrin päähän rakennuksen seinästä. Porakaivot ovat yleensä noin 150–200 metriä syviä ja yksi metri tuottaa 10–30 W porakaivometriä kohden. Kaivo asennetaan kallioon, joka saavutetaan yleensä noin 10 metriä maakerroksen jälkeen. (Geodrill 2016.) Vesistöön asennettaessa keruuputkistot voidaan ankkuroida järvien, meren tai suurivirtauksien ojien pohjaan noin 3–5 metrin välein (Motiva 2015k). Sopiva ranta on vähintään kaksi metriä syvä aivan rantaviivan lähellä. Putkistot pitää merkitä selkeästi, jotta veneet eivät vaurioita niitä. Noin kaksi kolmasosaa maalämpöpumppujen tuottamasta energiasta on uusiutuvaa, sillä noin kolmannes tuotetusta lämmöstä tulee sähköstä, jota lämpöpumppu tarvitsee toimiakseen. (Motiva 2012b.)

Kaavoitusvaiheessa maalämpöä suunniteltaessa pitää tarkistaa, ovatko alueen olosuhteet maalämmölle sopivat, eli onko maaperän koostumus sopiva porakaivolle tai onko lähellä järven tai meren ranta asennettaessa pumppua vesistöön. Rakennusjärjestyksissä voidaan määritellä minimiraja kaivon etäisyydelle tontin reunasta. Koska kaivot tulee sijoittaa tarpeeksi kauas toisistaan ja rakennusten seinistä, kannattaa kaavoitusvaiheessa tonttien muotoa ja kokoa pohtia tarkkaan. Porakaivojen korroosionestoaineista voi syntyä riskejä pohjaveden kannalta, joten pohjavesialueille niitä ei kannata sijoittaa. (Klap et al. 2013, 53–54.)

Porakaivot ovat usein kiinteistökohtaisia ratkaisuja, sillä yhteistuotanto ei tarjoa kustannussäästöä. Tämä johtuu siitä, että usean rakennuksen ollessa saman järjestelmän piirissä, täytyy porata sama määrä kaivoja kuin kiinteistökohtaisissa järjestelmissä, mutta yhteistuotannossa lämmönsiirtoputkiston pituus on usein pidempi kuin kiinteistökohtaisella järjestelmällä, jolloin lämpöhäviötä syntyy enemmän. Keskittäminen voi silti olla perusteltua alueen toimintojen tarkoituksenmukaisen järjestämisen tai palvelutason kehittämisen kannalta. (Laakso et al. 2013, 75–76.)



Ilma-vesilämpöpumppu (UVLP), ottaa lämpöenergiansa ulkoilmasta ja välittää sen rakennukseen esimerkiksi lattialämmityksen kautta. UVLP asennetaan usein maalämpöjärjestelmän sijasta kohteisiin, joihin ei kannata tai tontin rajoitusten takia voi asentaa maalämpöjärjestelmää. (Motiva 2015f.) *Ilmalämpöpumppu* (ILP) on tyypillinen tukilämmityslähde, joka on helppo asentaa kaikkiin talotyyppeihin riippumatta siitä, onko talo uusi vai vanha. Se ei vaadi rakenteilta erityisratkaisuja ja sopii hyvin tukilämmitysmuodoksi öljy- tai sähkölämmityksen rinnalle. Kovimmilla pakkasilla molempien lämpökerroin heikkenee suunnilleen sähkölämmityksen tasolle. (Motiva 2015e.) Ilma- ja ilma-vesilämpöpumput eivät vaadi huomiointia kaavassa. Pumput näkyvät ulospäin lähinnä rakennuksen seinään tulevan lauhdutinosa kohdalla, joten kaavassa tai rakentamistapaohjeessa voidaan ottaa kantaa mihin osa sijoitetaan julkisivussa. (Klap et al. 2013, 53–54.)

Aurinkoenergia

Etelä-Suomessa jokainen neliömetri altistuu vaakatasossa laskettuna vuodessa noin 1 000 kWh auringon säteilyä. Ainoastaan keskitalvella joulu-tammikuussa energiaa ei juuri lainkaan saada talteen. Passiivinen auringonvalon ja -lämmön hyödyntäminen tarkoittaa energian hyödyntämistä ilman laitteita, siis esimerkiksi valona ikkunoiden läpi asunnossa. Aktiivinen hyödyntäminen on säteilyn muuntamista sähköksi aurinkopaneeleilla tai lämmöksi aurinkokeräimillä. Tällä hetkellä aurinkopaneelit voivat muuntaa säteilystä noin 15 % sähköksi ja aurinkokeräimet 25–35 % lämmöksi. (Motiva 2015a.) Parhaan säteilymäärän tavoittamiseksi keräimet tai paneelit tulisi suunnata etelään. Parhaaseen tulokseen päästään yleensä asennettaessa paneelit tai keräimet rakennuksen katon suuntaisiksi. (Erat et al. 2008, 83–84.) Asennuksessa on huomioitava lumen kertyminen keräinten tai paneelien päälle, joten ne on joko sijoitettava paikkaan, jossa ne pääsee helposti puhdistamaan, tai niin jyrkkään kulmaan (yli 15°), että lumi ei pysy niiden päällä (Erat et al. 2008, 145 & Motiva 2015c). Rakennusten porrastaminen toisiinsa nähden parantaa mahdollisuuksia olla auringon tavoitettavissa ympäri vuoden (Erat et al. 2008, 38).

Keräimiä voidaan hyödyntää rakennusten ja käyttöveden lämmittämiseen. Osa keräinteknologioista kykenee hyödyntämään pilvisellä säällä auringon hajasäteilyä tehokkaammin kuin toiset. (Motiva 2015c.) Tavallisimmat aurinkokeräimet ovat 1–2 m² kokoisia, ja yhden neliömetrin keräin tuottaa energiaa yleensä 250–400 kWh vuodessa. Pientaloon sopivan 8–12 m² kokoinen järjestelmä asennuksineen maksaa nykyään noin 4 000–5 000 euroa. Järjestelmää mitoitettaessa lähtökohtana on kesäkuukausien lämpöenergiankulutus. Talvikaudella aurinkolämpöjärjestelmä toimii muiden lämmitysjärjestelmien ohella. Tällä hetkellä omakotitalon vuotuinen lämpimän käyttöveden energiantarve saadaan katettua noin 5–8 m² keräinpinta-alalla, kun taas huoneiden lämmitys mukaan luettuna pinta-alaa tarvitaan 10–12 m². (Motiva 2015b.) Keräinten kallistuskulman tulisi olla koko vuoden säteilymääriin painotettuna 45° tai kesän tuottoa optimoitaessa 60°. (Erat et al. 2008, 83–84.)

Sähköä tuottavat aurinkopaneelit kannattaa asentaa katon lappeen myötäisesti ja katon alareunasta on jätettävä vähintään yhden paneelin pituuden verran tyhjäksi paneeleista. Paneelit ovat kooltaan tavallisesti noin 1,5 m² ja niiden nimellisteho on noin 200–250 Wp. Pientalokokoluokassa 2 kWp kokoinen järjestelmä on pinta-alaltaan noin 12–15 m². Motivan mukaan tehokkain kallistuskulma on noin 35–45°. (Motiva 2014a.) Erat ja muut taas suosittelevat kesäajan sähköntuotannon maksimoimiseksi 30° kulmaa, vuotuisen maksimoimiseksi 45° kulmaa ja talviajan maksimoimiseksi 75–90° kulmaa (Erat et al. 2008, 145). Järjestelmän mitoitus on mutkikas kokonaisuus (Motiva 2014a), mutta yleensä omavaraisen järjestelmän tuotto on 1,1–1,5ertainen kulutukseen verrattuna ja akuston kapasiteetti



vastaa 2–50 vuorokauden kulutusta (Erat et al. 2008, 149). Keskimäärin säteilyä kohdistuu 45° kulmassa oleville paneeleille 3,25 kWh/m², vaihdellen kuitenkin joulu- ja tammikuun 0,47 kWh/m² ja kesäkuun 6,27 kWh/m² välillä (Erat et al. 2008, 154).”Paneeliden nimellisteholtaan 5 kWp-järjestelmän odotettu vuotuinen tuotto etelään 40 asteen kulmaan suunnattuna on noin 4 300 kWh ja vastaavasti 2 kWp-järjestelmän noin 1 700 kWh” (Ilmastoinfo 2016). Sähkön varastointi on vielä harvinaista, sillä moni hyödyntää verkon kautta muualta ostettavaa energiaa, mutta soveltuvia akkuja on kuitenkin jo markkinoilla (Motiva 2014f).

Kaavoitusvaiheessa aurinkoenergian hyödyntäminen kannattaa huomioida luomalla rakennuksiin pintoja, joihin valo osuu ja joihin voidaan sijoittaa paneelit sopivaan kulmaan (Klap et al. 2013, 53–54). Pieni runkosyvyys mahdollistaa luonnonvalon paremman hyödyntämisen passiivisesti rakennuksen sisällä (Laakso et al. 2013, 77). Kuten luvussa 2 mainittiin, on aurinkoenergiaa hyödynnettäessä syytä kiinnittää huomiota puiden käyttöön varjostavina ja tuulelta suojaavina elementteinä rakennusten lähellä, jotteivät puut häiritse paneelien tai keräinten toimintaa.

Tuulivoima

Tuulivoimalat voivat olla teollisen mittakaavan voimaloita tai pientuulivoimaloita. Teollisen mittakaavan voimalat ovat kooltaan Suomessa yleensä 2–3 MW (Motiva 2016b). Voimalaa, jonka potkurin pinta-ala on alle 200 m² ja jonka nimellisteho on alle 50 kW, voidaan kutsua pientuulivoimalaksi. Voimala voi tuottaa sähköä tai lämpöä ja niitä voidaan hyödyntää esimerkiksi kotitalouksissa ja vapaa-ajan asunnoissa. Mastokorkeudet ovat tyyppillisesti 5–30 metriä. Lämmityskäytössä olevien tai verkkoon liitettyjen voimaloiden teho on yleensä yli 2 kW. (Motiva 2015m.) Pystytuuliroottoreissa kahden laitteen välisen etäisyyden pitäisi olla vähintään kolme kertaa siiven halkaisija (Laakso et al. 2013, 77). Tuulivoiman hyödyntäminen paikallisesti asuinalueilla on vielä harvinaista. Tuulivoimaa alueelle kaavoitettaessa on kartoitettava alueen tuuliolosuhteet mallintamalla tuulen nopeus ja maasto-olosuhteet. Tällaisia mallinnuksia on järkevää tehdä kerralla koko kunnalle, jolloin voidaan tarkistaa kaikkien kaava-alueiden olosuhteet. (Klap et al. 2013, 53–54.)

Maakaasu

Maakaasupohjainen lämmitysjärjestelmä koostuu lämmityskattilasta, kaasupolttimesta ja vesikiertoisesta lämmönjakojärjestelmästä. Lämmittämisen ohella maakaasua voi käyttää keittiön liedessä. Monia öljylämmityskattiloita voidaan käyttää myös kaasulla, sillä järjestelmät ovat hyvin samanlaiset. Lämmitysjärjestelmä liitetään paikkakunnan jakeluverkkoon, joten maakaasulämmitystä ei voi ottaa käyttöön missä tahansa. Järjestelmän vuosihyötysuhde on yli 90 %. Maakaasu on fossiilinen polttoaine, mutta sen hiukkaspäästöt ovat vähäiset ja hiilidioksidipäästöt noin 25 % öljylämmitystä pienemmät. (Motiva 2015j.) Maakaasua voidaan markkinoida lämmön tuotannon vaihtoehtona sellaisille pientaloalueille, joille ei voida tuoda kaukolämpöä (Laakso et al. 2013, 74).

Bioenergia

Bioenergia on uusiutuvaa energiaa, jota tuotetaan erilaisista biomassoista. Sellaisia ovat esimerkiksi puu, peltokasvit ja bioperäiset jätteet. Bioenergia katsotaan nykyään hiilidioksidineutraaliksi, eli että sen käyttö ei lisäisi hiilidioksidipäästöjä, koska biomassojen polton aikana vapautuva hiili voidaan kompensoida kasvattamalla uutta biomassaa ja koska poltossa ajatellaan vapautuvan saman verran hiilidioksidia kuin vastaavan biomassan hajotessa luonnossa tapahtuisi. (Motiva 2015d.)



Suomessa bioenergiaa tuotetaan pääasiassa puusta, ja yhteensä puun osuus kaikesta uusiutuvan energian käytöstä oli vuonna 2012 jopa 77 %. Puuenergian suurin käyttäjä on metsäteollisuus. (Motiva 2015d.) Toiseksi yleisin puuenergian käyttömuoto on pienkäyttö halokoina ja pilkkeenä mm. pientalojen, maatilojen ja suurten kiinteistöjen lämmityksessä joko tulisijoissa tai kattiloissa. Pelleteillä korvataan kevyttä polttoöljyä kiinteistöjen kattiloissa. Pientalojen lämmityksestä 40 % tuotetaan polttopuulla. (Motiva 2014e.) Puu voi toimia lämmöntuotannon lisäksi myös voimalaitosten polttoaineena (Motiva 2014d). Keskuslämmityskattiloiden teho on noin 15–500 kW riippuen käyttötarkoituksesta: omakotitalossa lämmitysteho on pienin, noin 15–25 kW, maatilalla 25–150 kW ja suurissa kiinteistöissä suurin, noin 200–400 kW. Puun tehokas ja puhdas poltto on pienemmän mittaluokan kattiloissa haastavampaa. (Motiva 2015h.) Tulisijoja sen sijaan käytetään nykyisin pääasiassa tukilämmitysmuotona, mitä suositellaan erityisesti sähkölämmityksen ja lämpöpumppujen rinnalle (Motiva 2014c). Pien-CHP eli pienimuotoinen sähkön ja lämmön yhteistuotanto sisältää erilaisia tuotantotekniikoita erilaisine polttoaineineen. Tyypillisesti suomessa polttoaineena on puu tai biokaasu. (Pesola et al. 2014, 7.)

Kiinteistökohtaiset lämmityskattilat eivät vaadi huomiointia kaavassa. Alueellisen lämpölaitoksen suhteen on sen sijaan suunniteltava putkiverkko ja laitoksen sijoittaminen alueelle. Merkittävin alueellisen lämpölaitoksen vaikutus kaupunkiin on liikenteellinen, sillä hake on saatava kuljetettua sujuvasti laitokselle. (Klap et al. 2013, 53–54.)

Puuhun perustuvaa bioenergiaa suositetaan Suomessa ja EU:ssa laajalti ilmastomuutoksen hillinnän nimissä (Yle 2016). Bioenergian hiilidioksidineutraalisuus on kyseenalaistettu laajasti (Searchinger et al. 2009, EU bioenergy 2015) ja puuta on pidetty epäsojivana energianlähteenä ilmastomuutoksen hillintää tavoiteltaessa. On mahdollista, että esimerkiksi EU muuttaa nykyisiä kestävyyskriteereitään pian niin, ettei se katsoisi puupohjaista bioenergiaa hiilineutraaliksi enää vuoden 2020 jälkeen. (Rämö 2016.) Kun vapautuva hiili kompensoidaan uudella biomassalla, ei bioenergia laskennallisesti pahenna, mutta ei myöskään hillitse ilmastomuutosta. Bioenergian tuotanto kuitenkin pienentää maaperän ja metsien kykyä sitoa hiiltä, mikä vaikutus on myöskin niin merkittävä, että se kompensoi fossiilisten polttoaineiden syrjäyttämistä aiheutuvat hyödyt (Yle 2016). Puun poltosta on laskettu syntyvän jopa 30 % enemmän kasvihuonekaasupäästöjä kuin öljyn ja kaksi kertaa enemmän kuin maakaasun polttamisesta. Puun poltosta syntyviä päästöjä saadaan kompensoitua uuden metsän kasvattamisella pitkällä aikavälillä, mutta lyhyellä aikavälillä puuenergian hyödyntäminen saattaa jopa pahentaa ilmastomuutosta. (Rämö 2016). Tämän vuoksi puuenergian hyödyntäminen tulevaisuudessa on matalapäästöisyyteen pyrittäessä kyseenalaista ja vaikeutunee Suomessa etenkin jos EU:n kestävyyskriteerejä muutetaan.

Yhteistuotettu kaukolämpö

Kaukolämpö on Suomen yleisin lämmitysmuoto. Sitä tuotetaan useimmiten lämmön ja sähkön yhteistuotantona. (Motiva 2015g.) Yhteistuotannon etuna on, että polttoaineen käytön hyötysuhde on siinä erinomainen, jopa yli 90 %. Sähkön ja lämmön erillistuotantoon tarvitaan noin puolitoistakertainen määrä polttoainetta yhteistuotantoon verrattuna. Kaukolämmön hyödyntäminen rakennuksen lämmityksessä edellyttää, että lähistöllä on kaukolämmön jakeluverkko. (Motiva 2012a.)

Suhteessa alueelliseen voimalaan, kaukolämpöverkoston putkistojen rakennus ja matkalla aiheutuvat lämpöhäviöt tuovat kustannuksia. Sen vuoksi tiiviisti rakennetut alueet tekevät



kaukolämmön alueelle tuomisesta kannattavampaa, joten tämä kannattaa huomioida kaavoitusvaiheessa. (Klap et al. 2013, 52) Kaukolämmön kannattavuutta heikentävätkin alueiden alhaisten tehokkuuksien lisäksi rakennusten kiristyneet energiatehokkuusvaatimukset ja hajautetun energiantuotannon suosio (Laakso et al. 2013, 73–74)





4 VAIKUTUSTEN ARVIOINNIN AVULLA ENERGIAVIISASTA KAAVOITUSTA



4 Vaikutusten arvioinnin avulla energiaviisasta kaavoitusta

Jotta Kokkonniemen vaihtoehtoisten maankäyttösuunnitelmien energiavaikutuksia voitaisi arvioida, täytyy käytössä olla tarkoitukseen sopiva metodipohja. Tässä luvussa tarkastellaan kaavoituksen vaikutusten arviointia ja kaavavaihtoehtojen vertailua kaavaprosessin osana. Vaikutusten arviointi tarkoittaa kaavan ja sen vaihtoehtojen toteuttamisesta aiheutuvien merkittävien vaikutusten arviointia ennakkoon. Se tuottaa tietoa, jota hyödynnetään eri vaiheissa läpi koko kaavaprosessin. Se on suunnittelun työkalu, joka tukee suunnitteluongelman ratkaisemista, osallistumista, kaavaa koskevaa päätöksentekoa ja kaavan toteuttamista. Vaikutuksia arvioidaan useassa eri yhteydessä kaavaprosessin aikana: osana eri suunnitteluvaiheita, tarvittaessa erillisten vaikutusselvitysten muodossa, ja kaavaluonnoksen ja kaavaehdotuksen kootussa vaikutustenarvioinnissa. (Paldanius et al. 2006, 10–13.)

Kaavojen vaikutusten selvittämisestä säädetään maankäyttö- ja rakennuslaissa sekä maankäyttö- ja rakennusasetuksessa (Ympäristöministeriö 2013, 10). MRL 9 § (202/2005) velvoittaa vaikutusten selvittämiseen kaavaa laadittaessa: kaavan on perustuttava riittäviin tutkimuksiin ja selvityksiin, laadittaessa on selvitettävä suunnitelman ja tarkasteltavien vaihtoehtojen ympäristövaikutukset tarpeellisessa määrin ja sen tulee sisältää yhdyskuntataloudelliset, sosiaaliset, kulttuuriset ja muut vaikutukset. MRA 1 § (896/1999) puolestaan säättää, että selvitysten on annettava riittävät tiedot suunnitelman toteuttamisesta aiheutuvien vaikutusten arvioimiseksi. Asetus määrittelee merkittäviksi vaikutuksiksi sellaiset, jotka kohdistuvat

1. ihmisten elinoloihin ja elinympäristöön
2. maa- ja kallioperään, ilmaan, ilmastoon ja veteen
3. kasvi- ja eläinlajeihin, luonnonvaroihin ja luonnon monimuotoisuuteen
4. alue ja yhdyskuntarakenteeseen, liikenteeseen, yhdyskunta- ja energiatalouteen
5. kaupunkikuvaan, kulttuuriperintöön, maisemaan ja rakennettuun ympäristöön.

Vaikutusten arviointi täytyy sovittaa kunkin kaavatason ja kaavoitustehtävän erityispiirteiden mukaisesti (Paldanius et al. 2006) sekä suhteuttaa suunnittelutyön tavoitteisiin ja kohdistaa suunnitelman kannalta olennaisimpiin, ratkaisuun vaikuttaviin seikkoihin (Airamo & Permanto 1997). Työn tarkoitus ei siis ole muodostua erilliseksi järjestelmäksi, vaan täydentäväksi osaseksi kaavoitusprosessia. Parhaimmillaan vaikutusten arviointi ohjaa koko suunnittelutyötä olennaisten kysymysten äärelle. Vaikutusten arviointiin voivat kuulua esimerkiksi ympäristövaikutusten arviointi, sosiaalisten vaikutusten arviointi ja taloudellisten vaikutusten arviointi. Ympäristövaikutusten arviointi voidaan vielä jaotella luontoon kohdistuvien ja kulttuuriympäristöön kohdistuvien vaikutusten arviointiin. (Airamo & Permanto 1997, 12–16.) Monipuolinen vaikutusten arviointi edellyttää eri alojen asiantuntijoiden kiinteää yhteistyötä prosessissa (Leskinen et al. 1991, 3). Vaikutusten arviointi tässä diplomityössä on luonnollisesti suppea, sillä työstä vastaa vain yksi asiantuntija.

4.1 Arviointimenetelmät

Kaavojen vertailun ja vaikutusten arvioinnin menetelmistä käytetään kirjallisuudessa kahta eri nimeä: vertailumenetelmiä ja arviointimenetelmiä (vrt. esim. Airamo & Permanto 1997 ja Leskinen 1987). Kirjallisuudessa esitellään eri nimillä kuitenkin samoja menetelmiä, joten eri nimillä puhutaan samasta asiasta. Tässä työssä käytetään käsitettä arviointimene-



telmät, sillä vertailu ja arviointi voidaan määritellä samaksi prosessiksi: arvioinnin tekeminen itsessään on vertailun tekemistä. Vaikutusten arviointimenetelmät voidaan jakaa yhdisteleviin (eli yhteismitallistaviin, aggregoiviin) ja eritteleviin (disaggregoiviin) menetelmiin (Leskinen 1987, 11–12). Usein suunnittelussa hyödynnetään vaihtoehtoja yhteismitallistavia menetelmiä, joissa yhdistetään eri tekijöitä ja pyritään löytämään parhaat mahdolliset vaihtoehdot erilaisia laskentamalleja hyödyntämällä. Tällaisella menettelyllä on kuitenkin huomattavasti ongelmakohtia, kuten esimerkiksi kustannus–hyötyanalyysissä usein esiin tuleva moniarvoisten asioiden, kuten vaikkapa maisemien, rahallinen arvottaminen. Ongelmat ovat johtaneet erittelevien menetelmien kehittelyyn. Erittelevien menetelmien lähtökohtana on ajatus, että tavoitteet voivat olla keskenään ristiriitaisia ja että vaihtoehtojen paremmuuteen vaikuttaa näkökulma, josta niitä tarkastellaan. Tarkoituksena on parhaan vaihtoehdon löytämisen sijaan kerätä tietoa yhteisen keskustelun pohjaksi eli se, että päätöstilanne voitaisiin esittää mahdollisimman monipuolisesti ja havainnollisesti. Kaikki menetelmät ovat lopulta vain suunnittelun apuvälineitä, joita on käytettävä viisaasti, avoimesti ja rehellisesti. (Airamo & Permanto 1997, 41–42.)

Leskinen (1987, 19) esittää luokittelun yhdistelevien ja erittelevien vertailumenetelmien välillä. Luokittelusta on koostettu oheinen taulukko 4.1. Taulukkoa tarkastellessa on huomattava, että yksi prosessi voi hyödyntää sekä yhdisteleviä että eritteleviä menetelmiä.

Taulukko 4.1. Vertailumenetelmien keskeiset piirteet ja taustalla vaikuttavat suunnittelunäkemykset.

Yhdistelevät	Erittelevät
<p>Piirteet</p> <ul style="list-style-type: none"> yhteismitallistaminen (esim. rahan tai pisteiden avulla) vertailua tehdään yhdistämällä erilaiset vaikutukset, esimerkiksi ajan suhteen muuttuvat vaikutukset koron avulla tavoitellaan parhaan vaihtoehdon löytymistä <p>Suunnittelunäkemys</p> <ul style="list-style-type: none"> atomismi: kokonaisuus koostuu osakokonaisuuksistaan, joten osat optimoimalla löydetään kokonaisoptimi oletus: yhteiskunnassa vallitsee yksimielisyys suunnittelun päämääristä tehtävä: etsiä tavoitteisiin paras vaihtoehto suunnittelijan työ: objektiivista asiantuntijuutta tieteellisesti perusteltujen ja puolueettomien menetelmien avulla suunnittelu ja päätöksenteko: toisistaan eroteltavissa olevat työvaiheet, ensimmäisestä vastuussa suunnittelijat ja toisesta päättäjät 	<p>Piirteet</p> <ul style="list-style-type: none"> erilaiset vaikutukset kuvataan niille ominaisilla tavoilla tavoitellaan päätöstilanteen monipuolista kuvailua ja yhteisen tietopohjan luomista, jotta eri ryhmät voivat keskustella hyväksyttävän vaihtoehdon löytämiseksi <p>Suunnittelunäkemys</p> <ul style="list-style-type: none"> holismi: kokonaisuus ei ole osiensa summa, vaan yhden osan muuttuminen muuttaa kokonaisuutta oletus: yhteiskunta on moniarvoinen, ja arvot ja päämäärät eivät ole muuttumattomia tehtävä: pitää yllä keskustelua hyvistä päämääristä ja niihin pääsemisestä suunnittelijan työ: subjektiivista, joten työssä tehty valinnat on esitettävä avoimesti suunnittelu ja päätöksenteko: prosessi on osapäätösten tekemistä, jossa ovat kiinteässä yhteistyössä kansalaiset, eri alojen asiantuntijat ja intressitahot sekä päättäjät, mutta päätöksen tekevät ja siitä vastuun kantavat päättäjät

Airamo ja Permanto (1997, 44–54) mainitsevat teoksessaan joitakin arviointimenetelmiä: kustannus–hyöty- ja panos–tuotosanalyysit, yhdyskuntarakentamisen kustannusvertailumallit, arviointitaulukot, maksimini-menetelmän, EcoBalance-mallin, maisema-analyysit,



tilanneanalyysin, intressianalyysin, kuulemisen ja osallistumisen sekä auditoinnit. Kuten kirjoittajat kirjassaan myöhemmin toteavat, ympäristöarvoihin liittyviä arviointituloutuuksia on sopivaa arvioida sekä yhdistelevien että erittelevien menetelmien avulla. Sopiviksi menetelmiksi he mainitsevat mm. arviointitaulukot, maisema-analyysit, tilanneanalyysit ja intressianalyysit. (Airamo & Permanto 1997, 72.) Tässä diplomityössä käytetään KEKO-työkalun rinnalla perinteikästä SWOT-luokittelua sekä Airamons ja Permannon käsittelemistä menetelmistä arviointitaulukointia sekä intressianalyysiä. Arviointitaulukointi ja intressianalyysi ovat molemmat eritteleviä menetelmiä (Airamo & Permanto 1997).

Arviointitaulukoita voidaan käyttää eri vaihtoehtojen tai vaikuttavien tekijöiden arvioinnissa monin tavoin. Periaatteena on, että arvioinnin perustaksi valitaan joitakin hankkeen vaikutuksiin liittyviä tavoitteita tai kriteereitä. Vaihtoehtoja arvioidaan näiden tavoitteiden tai kriteerien näkökulmasta. On tyypillistä käyttää viisiportaista mittaria asteikolla ”toteuttaa hyvin – toteuttaa huonosti”. Näin taulukko näyttää eri vaihtoehtojen suhteelliset erot tavoitteiden täyttämisen paremmuudessa, joten se voi toimia hyvin jäsentyneenä pohjana käytävälle keskustelulle. (Airamo & Permanto 1997, 47–48.)

Intressianalyysi eli toiminto- ja tavoiteanalyysi kuvaa systemaattisesti päätöksentekoon liittyviä erilaisia näkökulmia. Kuten arviointitaulukoillakaan, ei intressianalyysinkään keinoin voida osoittaa yksiselitteisesti parasta vaihtoehtoa. Menetelmässä vaihtoehtojen paremmuuteen vaikuttaa valittu tai valitut näkökulmat. Paremmuudesta voidaan tehdä luettelo, joka erittelee näkökulmien yhteyttä vaihtoehtoihin esimerkiksi siten, että ”jos näkökulma on a, kannattaa valita vaihtoehto x”. Analyysin tuloksena on siis ennen kaikkea luettelo näkökulmista, jotka voisivat vaikuttaa vaihtoehdon valintaan, mikä auttaa valintaa koskevaa mielipiteenmuodostusta ja tavoitteiden tiedostamista, päätöksentekoa ja keskustelua. Intressi muodostetaan toiminnosta ja oletetusta tavoitteesta, joten ne ovat ns. ”puhtaita intressejä”, eli erilaisia verrattuna kokonaisintresseihin, jotka muodostuvat useammasta kuin yhdestä tavoitteesta. (Airamo & Permanto 1997, 51.)

SWOT-analyysissä tunnistetaan kaavan heikkoudet ja vahvuudet sekä uhat ja mahdollisuudet. Siten se on yksinkertainen ja kokoava nelikenttämenetelmä. Se sopii esimerkiksi kaavavaihtoehtojen arviointiin kaikilla kaavatasoilla, mutta erityisen sopivana sitä pidetään seudulliseen strategiseen suunnitteluun. (Ympäristöministeriö 2013, 34.)

KEKO (Kaavoituksen ekolaskuri) on ekotehokkuuden arviointityökalu, jonka ovat kehittäneet Suomen ympäristökeskus, VTT ja Aalto-yliopisto yhteistyössä kaupunkien ja yritysten kanssa. Työkalu on kehitetty kaavoituksen eri käyttötilanteisiin sopivaksi ja sellaiseksi, että sen tuottama tieto on luotettavaa ja vertailukelpoista sekä maksutonta. (Ympäristöministeriö 2013, 33.) Työkalun avulla on mahdollista määrittää sekä yhdyskuntien rakentamisen että käyttövaiheen aiheuttamia ympäristövaikutuksia. Kasvihuonekaasupäästöt, vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen ja ekosysteemipalveluihin sekä luonnonvarojen käytön arvioiminen kuuluvat laskurin ominaisuuksiin. Työkalu arvioi myös alueen kokonaisekotehokkuutta sekä vertaa tuloksia koko maan keskiarvoon. Tarkoituksena on, että suunnittelijat voivat työkalun avulla vertailla eri vaihtoehtoja toisiinsa ja etsiä ekotehokkaimmat ratkaisut suunnittelualueelleen. Laskuriin syötettävien taustatietojen osa-alueita on kahdeksan: alueen sijainti ja mitoitus, maankäytön muutos, arvokkaat luontoalueet ja viherrakenne, sijainti yhdyskuntarakenteessa, rakennuskanta, uudisrakennukset ja energiakorjaukset, energiantuotanto sekä liikenneverkko. (Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu 2015.)



Vaikutusten arvioinnin raportoinnin laajuus ja määrä sovitetaan tapauskohtaisesti, ja kaavojen, joiden vaikutukset ovat vähäiset, kohdalla riittää kaavaselostukseen sisältyvä lyhyt arviointi. Raportoinnissa vaikutukset kuvataan riittävän yksityiskohtaisesti ja tasapuolisesti selkeästi perustellen. Vaikutusten liiallista yhteismitallistamista pisteyttämällä tai muulla tavoin on vältettävä. Koottu, jäsennetty ja tiivis esitystapa on suositeltava. (Paldanius et al. 2006, 36–37.)

4.2 Vaihtoehtojen tarkastelu ja vaikutusten selvittäminen

Vaihtoehtojen tarkastelu on kaavan valmistelun olennaisimpia osia. Sen avulla eritellään erilaisia mahdollisuuksia, jotka liittyvät suunnitteluongelman ratkaisuun. Tuotetun tiedon avulla parhaiten soveltuvan kaavaratkaisun perusteltu valinta ja ratkaisujen kehittäminen edelleen on helpompaa. Vaihtoehdot voivat olla koko kaavan tai ainoastaan sen osaratkaisun kokoluokkaa. Kaavaluonnoksien, jotka on esitetty kaavamerkintöjä ja -määryksiä käyttäen, eri vaihtoehtojen tarkastelu mahdollistaa vaihtoehtojen yksityiskohtaisen arvioinnin. (Paldanius et al. 2006, 21.) Klapin ja muiden (2013) mukaan vaihtoehtotarkastelut ovat paras tapa vertailla energiavalintojen vaikutuksia kaavassa (ks. luku 3.1.4).

Suuri osa vaikutusten selvittämisestä on vaikutusten erilaisten ominaisuuksien tarkastelua. Ominaisuuksia ovat asiat kuten suuruus, laajuus ja kohdentuminen, ajallinen kesto ja varmuus tai epävarmuus. Vaikutusten selvittämistä on tehtävä johdonmukaisesti erilaisten ominaisuuksien kannalta, mutta erityisen tärkeää on tarkastella vaikutuksiin liittyvää epävarmuutta. Kaavojen vaikutusten epävarmuutta syntyy erityisesti kaavojen toteutumisen aikataulusta, kaavan jättämästä rakentamisen ja muun maankäytön liikkumavarasta, syyseuraussuhteiden todentamisesta ja kaavan mahdollisista osaratkaisuisista yhteisvaikutuksiin. (Paldanius et al. 2006, 26.)

4.2.1 Kasvihuonekaasupäästöjen arviointi

Yhdyskuntien hiilijalanjäljen tai muodostuvien päästöjen arvioinnin menetelmät ovat kirjavia. Arviointia voidaan tehdä ennakoivasti (siis esimerkiksi kaavavaiheessa) tai jälkikäteen yhdyskunnan ollessa jo rakentunut. Kaavavaiheessa voidaan esimerkiksi käyttää KEKO:n kaltaista valmista työkalua, kuten tässä työssä tehdään. KEKO:ssa arvioinnin muutujat on valittu valmiiksi tieteelliseen tietoon tukeutuen ja sen käyttäminen on suunniteltu selkeäksi ja monia kaavatasoja sekä työvaiheita palvelevaksi.

KEKO:n kaltaisten laskureiden ohella arviointia voidaan tehdä muillakin menetelmillä. Osa menetelmistä on monimutkaisempia ja osa yksinkertaistettuja. Esimerkiksi Heinonen ja Junnila (2011) kehittivät menetelmän, jolla he arvioivat metropolialueiden kasvihuonekaasupäästöjä ja kaupunkirakenteen vaikutuksia niihin elinkaarianalyysin avulla valiten mukaan analyysiin 43 kulutuksen luokkaa, jotka jaettiin edelleen kymmeneen kulualueeseen. Baurin ja muiden (2015) hiilipäästöjen arvioinnin menetelmässä puolestaan huomioitiin yksinkertaistuksen vuoksi ja vertailukelpoisuutta tavoiteltaessa vain kaksi muuttujaa, joiden oli aiemmassa tutkimuksessa huomattu korreloivan kaupunkien hiilijalanjäljen kasvun kanssa. Arviointi perustui yhteen sosioekonomiseen ja yhteen spatiaaliin muuttujaan: kotitalouksien kokoon sekä kaupunkirakenteen tiiviiden ja kompleksisuuden asteeseen. Tutkimuksen mukaan tulevaisuuden kaupungeissa tulisi panostaa kotitalouksien koon kasvattamiseen ja tiiviin kaupunkirakenteen ”viisaan katkonaisuuden” edistämiseen kaupunkirakenteen liiallisen hajautumisen ehkäisemiseksi (Baur et al 2015, 54).



4.2.2 Energiavaikutusten arviointi

Energiantuotantomuotojen ympäristövaikutuksia ovat arvioineet ja toisiinsa vertailleet Suomessa mm. VTT:n tutkijat (Vuori et al. 2002). Heidän tutkimuksensa merkittävimmät ympäristövaikutukset on tiivistetty taulukkoon 4.2, joka antaa osviittaa myös uusiutuvien energianlähteiden eduista suhteessa uusiutumattomiin. Taulukon tärkein tehtävä tässä yhteydessä on osoittaa vaikutustyyppisiä, joiden kannalta energiantuotantoa voidaan arvioida. Taulukko on energianlähteidensä puolesta vajavainen, sillä esimerkiksi aurinkoenergia puuttuu siitä kokonaan.

Taulukko 4.2. Energian tuotantomuotojen merkittävimpiä ympäristövaikutuksia (Vuori et al. 2002, 8).

Vaikutustyyppi	Polttamiseen perustuva energiantuotanto					Ydinvoima	Vesivoima	Tuuli-voima
	hiili	öljy	kaasu	turve	puu			
Uusiutumattomien luonnonvarojen kuluminen	x	x	x	(x)		x		
Maankäyttö, maisema-vaikutukset				x	x		x	x
Vesistön säännöstely, kalastus				x			x	
Vesistön lämpeneminen	x	x	x	x	x			
Melu								x
Säteilyn vaikutus						x		
Vaikutus ilmanlaatuun	x	x	x	x	x			
Happamoittava vaikutus	x	x	x	x	x			
Rehevöittävä vaikutus	x	x	x	x	x			
Kasvihuonevaikutus	x	x	x	x				

Kaavatyössä energiavaikutuksia voidaan arvioida monin tavoin. Arviointi alkaa usein alueen energiankulutuksen arvioinnista sekä energiaselvitelmien ja tuotantomuotojen mahdollisuuksien kartoittamisesta alueella. Esimerkiksi Helsingin Vartiosaaren energiaselvitys on tehty osayleiskaavan taustamateriaaliksi tarkoituksenaan selvittää, ”miten aluekehityksessä voitaisiin hyödyntää rakennusten energiatehokkuuden lisäämistä ja paikallisen uusiutuvan energian käyttöä” (Paiho et al. 2015, 3). Selvityksen aluksi tutkitaan alueellisia energiantuotannon vaihtoehtoja. Seuraavaksi siirrytään energiatarkasteluihin, joissa tarkastellaan Vartiosaaren lähtötietoja, alueen energiatarpeita ja -virtoja sekä energian varastointimahdollisuuksia. Lopuksi tarkastellaan tulosten soveltamista. (Paiho et al. 2015.) Tämä



diplomityö noudattaa erilaista rakennetta kuin Vartiosaaren energiaselvitys, mutta siihen sisältyvät kaikki samat osa-alueet energian varastointia lukuun ottamatta.

Vartiosaaren energiaselvityksen tavoitteet ovat kattavat ja niitä voidaan pitää keskeisinä myös tämän diplomityön kannalta. Edellä mainittujen selvityksen osien lisäksi Vartiosaaren energiaselvityksessä oli tavoitteena arvioida alueellisen uusiutuvan energian hyödyntämispotentiaali, määrittää tilantarpeet ja sijainnit eri tuotanto- ja jakeluverkostoille, arvioida energiantuotantovaihtoehtojen kasvihuonekaasupäästöt, huomioida rakennusten massoittelu ja suuntaukset eri energiaratkaisuissa sekä yleisesti tuottaa tietoa asemakaavoitusvaiheeseen (Paiho et al. 2015, 18).

Kaavoituksen tueksi saattaa olla tarve osoittaa erilaisten energiajärjestelmien hyviä ja huonoja puolia. Tällöin niitä olisi syytä vertailla erilaisilla kriteereillä, kuten primäärienergiankulutuksen, tuotannon hiilipäästöjen tai kustannusten perusteella. Kaavan energiatehokkuuden selvittämiseksi tarvitaan taustaselvityksiä esimerkiksi energiantuotantomuodoista, energiaratkaisumahdollisuuksista, ilmasto-oloista, maaperästä, rakennusmääristä, energiaverkostoista, liikenteestä ja liikennejärjestelmistä. ”Energiatehokkuuden tavoittelu edellyttää vaihtoehtoisten kaavaluonnosten arviointia ja vertailua energiatehokkuusnäkökulmasta kullekin kaavatasolle sopivalla tarkkuus- ja herkkyytasolla.” Muuttujat voivat olla esimerkiksi liikenneratkaisut, energiantuotantotapa, lämmitysratkaisut, kaupunkirakenne ja rakentamistapa. Vaihtoehtojen vaikutusten arviointia ja vertailua voidaan tehdä esimerkiksi kaava-alueen energiantarpeen, syntyneiden kasvihuonekaasupäästöjen, tuotettujen kustannusten ja aiheutettujen liikkumismäärien perusteella. (Klap et al. 2013, 54–59.)

Tässä työssä energiavaikutuksia arvioidaan kahdella tavalla. Energiantuotannon ympäristövaikutusten arviointiin käytetään KEKO-työkalua. Sen lisäksi arvioidaan vaihtoehtoisten maankäyttösuunnitelmien energiankulutus sekä niiden potentiaali tuottaa paikallisesti uusiutuvaa energiaa.





5 SKENAARIOTYÖ VAIHTOEHTOTAR- KASTELUJEN TUKENA



5 Skenaariotyö vaihtoehtotarkastelujen tukena

Tässä luvussa esitellään suunnittelun pohjustamiseksi tehtyä luovaa työtä: skenaariotyöskentely sekä vaihtoehtoiset suunnitelmat. Skenaariotyö valottaa sitä tulevaisuutta, jota varten suunnittelua ollaan tekemässä. Vaihtoehtotarkastelun tarkoituksena puolestaan on tutkia tarkoituksenmukaisimpia suunnitteluratkaisuja parhaan lopputuloksen saavuttamiseksi.

5.1 Skenaariotyöskentely

Ajatushautomo Demos Helsingin työstämät skenaariot (2015) julkaisussa *Nordic Cities Beyond Digital Disruption* toimivat pohjana Kokkonniemen tulevaisuutta pohdittaessa. Demoksen skenaarioiden koostamistekniikkana on ollut ns. backcasting-menetelmä, jonka periaatteena on tutkia kehityspolkuja, joiden avulla tulevaisuus voisi muodostua toivotun kaltaiseksi – tässä tapauksessa matalapäästöiseksi. Skenaariot perustuvat eri alojen asiantuntijahaastatteluihin. Tarkastelimme itse Demoksen skenaariotyön avulla sitä, miltä Porvoon tulevaisuus vuonna 2040 voisi näyttää, jotta ymmärtäisimme suunnittelualueen tulevia tarpeita paremmin.

5.1.1 Demoksen skenaariot

Global deal -skenaariossa maailmanlaajuinen ilmastopöytäkirja saadaan tehtyä ja sen seurauksena yhteiskuntien ja maailmanlaajuisen talouden toimintaperiaatteet muuttuvat fundamentaalisesti. Sopimuksen syntymisen ja toimeen ryhtymisen myötä luottamus kansallisiin ja globaaleihin päätöksentekijöihin vahvistuu kansalaisten parissa. Vihreään teknologiaan ja uusiutuvaan energiaan päätetään investoida, mikä saa aikaan uuden teknologian ja palvelumuotojen kiivasta rönsyilyä. Uusien ratkaisujen myötä ihmisten elämäntavat muuttuvat. Ilmastotoimenpiteitä voidaan ohjata ylhäältä alas, joten esimerkiksi energiantuotanto tapahtuu pääasiassa suurissa uusiutuvien tuotantoyksiköissä. (Demos Helsinki 2015, 28.)

Smart innovation economy -skenaariossa elämäntapoja dramaattisesti muuttavat ja vanhentuneet ratkaisut markkinoilta syrjäyttävät teknologiat levittäytyvät kovalla tahdilla kaikille aloille. Kansallinen ja kansainvälinen politiikka kituvat ja toimenpiteisiin ryhdytään erityisesti kunta- ja aluetasolla tukien uuden talouden kehitystä. Uudet ratkaisut saavat aikaan muutoksen elämäntavoissa, jolloin investoinnit vihreään teknologiaan kasvavat. Joukkorahoituksen, jakamistalouden ja kansalaisliikkeiden uudet muodot muuttavat yhteiskuntaa ja markkinoita kestävämmiksi. Ilmastoystävällinen toiminta kumpuaa alhaalta ylös, joten esimerkiksi energiantuotanto on paikallista uusiutuvien pientuotantoa. (Demos Helsinki 2015, 29.)

Kumpaakin kehityspolkua pitkin päästään samaan tulevaisuuskuvaan, hiilineutraaleihin kaupunkeihin ja globaalisti puolittuneisiin kasvihuonekaasupäästömääriin. Vaihtoehtona on siis eteneminen tulevaisuuskuvaa kohti suunnitelmallisen, kestävänsä politiikan avulla, tai ruohonjuuritason toiminnan muutoksen kautta. (Demos Helsinki 2015.) Demos Helsingin julkaisu esittelee vielä kolmannen skenaarion nimeltä *Crisis and Recovery on a New Path*, mutta päätimme jättää sen tarkastelun ulkopuolelle.



5.1.2 Porvoon skenaariot

Perustuen Demos Helsingin skenaarioihin loimme Porvoolle omat kehityskulut. Käytimme Demos Helsingin skenaarioiden peruslogiikkaa pohjana Porvoon skenaarioille ja poimimme mielestämme hyvin Porvoon tapaukseen sopivia yksityiskohtia mukaan. Analysoimme Porvoon nykytilannetta perustuen keräämiimme historia- ja tilastotietoihin sekä keskusteluihin kaupunkisuunnitteluyksikön väen kanssa.

Global deal -skenaariossa Porvoon kaupunki ja Porvoon energia Oy siirtyvät ilmastonmuutokseen sopeutumisessa pian uudelle tasolle poliittisten linjavetojen vuoksi. Siten Porvoon energia on aurinko- ja tuulienergiantuotannon kärkinimi jo vuonna 2025. Kaupungin tukemana rakennuskantaa kunnostetaan energiatehokkaammaksi ja valjastetaan paikalliseen energiantuotantoon. Matkailun saralla Porvoosta muotoutuu virtuaalimatkailun edelläkävijä. Suuri osa muusta elinkeinotoiminnasta siirtyy keskustan etätyöskentelytiloihin, joihin monet monikansalliset yritykset investoivat. Muutoksen mahdollistaa etätyön yleistyminen ja Porvoon maine suosittuna asuinkaupunkina. Raideyhteys Helsinkiin toteutuu 2030-luvulla, mikä sitoo Porvoon pääkaupunkiseutuun entistä tiiviimmin. Autottomat alueet keskustassa laajenevat ja lopulta kaupunki investoi myös omaan ratikkalinjaan. Öljyntuotanto lopetetaan Kilpilahdessa sen käytyä kilpailukyvyttömäksi ja uusiutuvien polttoaineiden rinnalla siellä ryhdytään jalostamaan kierrätysmateriaaleja. Porvoo on täysin hiilineutraali kaupunki vuonna 2040 pitkäjänteisen kehittämistyön tuloksena.

Smart innovation economy -skenaariossa yksityisten ihmisten ja osuuskuntien energiantuotanto lähtee lentoon Porvoossa. Monista kiinteistöistä ja asuinalueista muotoutuu energiomavaraista, joten paikalliset energiaratkaisut luovat kaupunkiin paljon uutta yritystoimintaa. Sähköbussit, yhteiskäyttöiset sähköautot ja liikkuminen palveluna -konsepti mullistavat Porvoon joukkoliikenteen täysin 2020-luvulla. Kaupungista muodostuu myös Etelä-Suomen toiseksi suosituin matkailukaupunki ja edelläkävijä virtuaalimatkailussa. Vilkas yrityskulttuuri ja asumisen hintataso houkuttelevat paljon etätyöläisiä Helsingistä asumaan Porvooseen. Sen johdosta kolmasosa kaupungin väestöstä on mikrotöyläisiä vuonna 2030, jolloin yksityisten ihmisten organisoimat co-working -tilat yleistyvät keskustassa. Kilpilahdesta muotoutuu materiaalien uudelleenjalostuskeskus öljyntuotannon loputtua siellä. Porvoosta muovautuu hiilineutraali kaupunki vuoteen 2040 mennessä monien ruohonjuuritason toimijoiden sitkeän ponnistelun ansiosta.

5.1.3 Tulevaisuuskuva 2040

Riippumatta kehityspolusta, jolla tulevaisuus etenee, on Porvoo vuonna 2040 houkutteleva, avoin, kukoistava ja oikeudenmukainen kaupunki maapallon kantokyvyn rajoissa. Tämä tarkoittaa mm. hiilineutraalisuutta ja luonnon resurssien vähäisempää kulutusta, ja edellyttää muutosta elämäntavoissa ja käyttäytymisessä sekä uuden teknologian laajamittaista käyttöönottoa. Urbanien digipalveluiden valtavirtaistuminen ja työn kehittyminen sirpaleisemmaksi muuttavat erilaisten tilojen käyttötapoja ratkaisevasti. Vastaava muutos tapahtuu liikenteen muuttumisessa liikenne palveluna -muotoiseksi ja uusiutuvan energiantuotannon jalkautumisessa kaupunkirakenteeseen. Kierto- ja jakamistalouden ajatukset ovat konkretisoituneet lainaamoiksi, naapuripalveluiksi ja Kilpilahden materiaalien uudelleenjalostuslaitokseksi. Porvoon talouden valttikorttina on sen suosio perinteisen matkailun lisäksi virtuaalimatkakohteena. Seuraavat tarinat esittelevät kaksi fiktiivistä päivää Porvoossa vuonna 2040 kahden eri henkilön näkökulmasta. Tarinoiden pohjana ovat toimineet Demos Helsingin vastaavat skenaariotarinat sekä oma skenaariotyöskentelymme.



Riikka, 60

"Sain aamulla kimppekyydin pysäkiltä suoraan Mannerheiminkadun entiseen pankkiin perustetulle co-working -toimistolle, missä työparini oli jo virtuaalimatkailu-palvelumme kimpussa. Jatkoin aamupalaverin jälkeen keskustan kivijalkaliikkeiden nettikauppojen yhdistämistä virtuaalilasien maailman katukuvaan. Tilasimme toimistolaisten kanssa yhteisen satsin lounasta lähiruokapalvelusta toimistolle.

Iltapäivällä päivitin Porvoon Energian palvelussa kotini katto- ja seinäpintojen vuokrasopimuksen. Tilan vuokraaminen energiayhtiön aurinkopaneeleille on tuonut tasaista lisätienestiä jo kymmenisen vuotta, mikä on auttanut maksamaan pian satavuotiaan omakotitalomme energiatehokkuusremontin velkaa pois. Hain myös 3D-tulostuskioskilta lääkäriä antamien mittojen mukaisesti valmistetun uuden polvituen.

Töiden jälkeen käväisin kaverini kanssa Kokonniemen saunalla löylyissä ja iltauinnilla. Juttelimme tilan varaamisesta keskustasta koulutukselle, jota olemme järjestämässä Porvoon Martoissa ja joka käsittelee älykotien järjestelmien hallintaa. Kotona kämppikseni olivat tehneet mahtavaa ruokaa kasvatuslaarien antimista ja söimme pihalla nauttien alkusyksyn viimeisistä lämmöistä. Ennen nukkumaanmenoa tilasin huomiseksi omalle kokkausvuorolleni puuttuvat ruokatarpeet nettikaupasta sekä taiteilijavälityksestä yllätykseksi selletin luomaan päivällistunnelmaa."

Aulis, 20

"Heräsin autuaana auringonpaisteeseen, aaltojen kuohumiseen ja muihin meren ääniin. Asunnon sisäänrakennettu herätysjärjestelmä on marraskuun pimeinä aamuina ehdottomasti hienoimpia ratkaisuja mitä kuvitella saattaa. Kävin aamulla ryhmätöytäpaamisessa koululla suunnittelemassa case-rakennuksemme sähkönkulutuksen seurantajärjestelmän optimointia talon käyttötarpeisiin.

Pyöräilin iltapäiväksi Kokonmäelle auttamaan seikkailupuiston asiakkaita valjaiden ja kypärien käytössä. Töiden jälkeen kävin syömässä kaverini ständillä Rihkamatorilla ja juttelimme siitä, miten ihmeellistä on ajatella, että vielä parikymmentä vuotta sitten tori hukui yksityisautojen parkkeerauksen alle. Miksi kukaan haluaisi omistaa omaa kulkupeliä kun jakaminen on halvempaa ja kätevämpää?

Kävin kirjastossa lainaamassa lämpimämpiä vaatteita ja porakoneen. Otin samalla mukaani kumisaappaat ja sienikorin asuinalueemme tyypille, joka on pyytänyt niiden kuljetusta kotiinsa tavaratoimitus-appin kautta. Sain kускаamisesta rahat Helsingin-reissun junalippuun, ja on kiva, että pienistä tulopuroista muodostuu opiskelijallekin ihan sopiva palkka. Korjasin illalla taloyhteisömme tuulivoimalaan tulleen pikkuvian. Iltapalalla palaverasimme vielä muutaman naapurin kanssa rahoituksen hakemisesta kehittelemällemme vegaaniselle koiranruokaidättämölle. Parhaassa tapauksessa koiraharrastajien joukkorahoitusahustalta voisi löytyä idealle taloudellista potkua tai yhteistyökumppaneita."



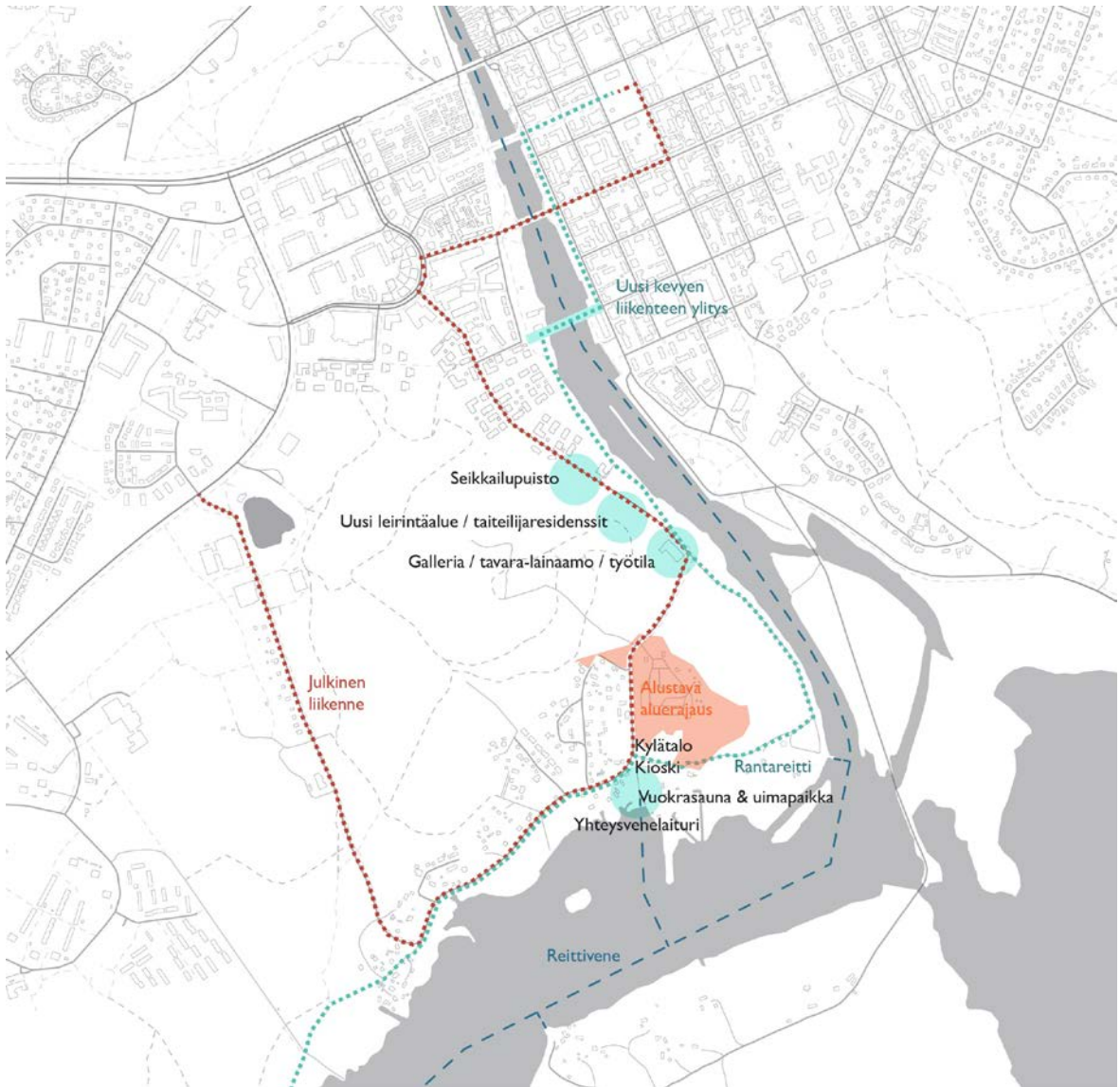
5.2 Vaihtoehtoisten maankäyttösuunnitelmien pääpiirteet

Kokonniemen suunnitteluperiaatteet on koostettu tukeutuen kirjallisuuteen ja tutkimuksiin energiatehokkaasta kaavoituksesta sekä energiantuotannosta, joita on esitelty tarkemmin luvussa 3. Suunnitteluperiaatteiden perusteella koostimme yhteistyössä Chenin kanssa vaihtoehtoiset maankäyttösuunnitelmat. Periaatteita ja kaavasunnitelmia esitellään seuraavissa alaluvuissa.

Vaihtoehtoisten maankäyttösuunnitelmien luomisen taustalla on ajatus yhdistää erilaiset energijärjestelmien suunnittelun logiikat erityyppisiin kaupunkirakenteisiin. Halusimme Chenin kanssa siis tarkastella esimerkiksi energiaomavaraisuuteen helposti yltävän kaupunkirakenteen eroa suhteessa kaukolämmölle sopivaan tiiviimpään rakenteeseen ja niin edelleen. On kuitenkin huomattava, etteivät valitsemamme rakennetyyppi-energjajärjestelmä -yhdistelmät ole tietenkään ainoita mahdollisia ratkaisutapoja. Ne kuitenkin tuovat hyvin esiin skenaarioissa luonnostellun kehityksen erilaisia ulottuvuuksia tai toteutustapoja: asuinalueet voivat edustaa nykypäivälle tyypillistä tilannetta (kuten Säilytävää vaihtoehto 0), ne voidaan johdonmukaisen suunnittelun ja aktiivisen ruohonjuuritason toiminnan avulla saattaa omavaraisiksi (kuten Itsenäinen vaihtoehto 1), ne voivat pysyä konventionaalisissa energijärjestelmissä, joiden ilmastoystävällisyyden kehittamisestä vastaavat viranomaiset (kuten Täydentävä vaihtoehto 2), tai ne voivat muovautua sekä perinteisiin energijärjestelyihin tukeutuviksi että kokeilukulttuurin kautta hajautettuja järjestelmiä hyödyntäviksi (kuten Kokeileva vaihtoehto 3).

Kehykseksi vaihtoehtoisille maankäyttösuunnitelmille laadittiin yhdessä Chenin kanssa laajemman alueen ideasuunnitelma-tasoinen suunnitelma (kuva 5.1.) Ideat keskittyvät Porvoon keskustan ja Kokonniemen väliselle alueelle yhteyksien parantamiseen ja toimintojen kehittämiseen. Ehdotukseen sisältyy muun muassa uusi kevyen liikenteen reitti joen yli sekä mahdollinen leirintäalueen uusi sijoittumispaikka lähempänä keskustaa.





Kuva 5.1. Ideasuunnitelma-tasoinen kehys vaihtoehtoisille maankäyttösuunnitelmille (kuva: Chen).

5.2.1 Suunnitteluperiaatteet

Kirjallisuudesta opitun perusteella suunnittelun periaatteiksi valikoitui pitkä lista yksityiskohtia, joiden avulla kaavasta pyritään saamaan kohti matalapäästöisyyttä ja energiantuotantopotentiaalin maksimointia ohjaava. Periaatteet jakautuvat yleisiin, rakenteeseen liittyviin energiatehokkuusseikkoihin sekä energiantuotannon mahdollisuuksien maksimointiin liittyviin seikkoihin (taulukko 5.1). Suunnitteluperiaatteet toimivat vaihtoehtoisten maankäyttösuunnitelmien suunnittelun apuna sekä Chenin viitesuunnitelmaa koskevan suunnittelutyön selkärankana.

Suunnitteluperiaatteet toimivat kaavan reunaehtoina, mutta silti kaikkien tavoiteltujen asioiden toteutumisesta ei voida olla varmoja. Kaavalla ei esimerkiksi voida vaikuttaa siihen, minkä kokoisia kotitalouksia asuntoihin muuttaa, vaikka yhteisasumisratkaisuja alueelle suunnitellaankin, eikä voida mennä takuuseen siitä, että kaupunkiviljely alueella käynnistyy, vaikka sille varataankin tilaa. Sama koskee kevyen liikenteen suosimista: liikenne-



suunnittelu voi tähdätä siihen, mutta lopulta toteutuminen riippuu ihmisten käyttäytymisestä.

Taulukko 5.1. Suunnitteluperiaatteet Kokkonniemen alueella.

Yleiset rakenteeseen liittyvät energiatehokkuusseikat	<ul style="list-style-type: none"> -ei yksin asumista, vaan yhteisasumisratkaisuja -ei yhden toiminnon taajamaa -tiivis rakenne, pienet asunnot ja tontit -(lehti)puita pohjois- tai länsiseinustoilla -tuulitunneleiden syntyminen estäminen – ei pitkiä käytävärakenteita -läpäisevät pinnat, ei pelkkää asfalttia -niukasti pysäköintiä, suositaan yhteiskäyttöautoja, mahdollistetaan sähköauton lataus -yhteiskäyttöiset tiet, joiden ajolinjassa tarpeeksi mutkia -ylimääräisten katulinjausten karsiminen -paikallisen ruuan tuotanto, elinympäristön elämyksellisyyden tukeminen -hiilinielut: kasvillisuus, puusto, viherkatot -puurakentaminen -rinteisiin ei pitkiä yhtenäisiä rakennusmassoja korkeuskäyrien suuntaisesti.
Energiantuotanto	<ul style="list-style-type: none"> -Aurinkoenergia <ul style="list-style-type: none"> • kattojen kulma 35–45° vaakatasoon nähden ja pinta-ala vähintään 15 m² per järjestelmä, sekä alareunaan 1,5 m kaistale ilman paneelia • rakennusten pitkät sivut suunnataan etelään • rakennuksiin pieni runkosyvyys • muitakin pintoja kuin kattoa voi hyödyntää paneelien tai keräinten asentamiseen • ei turhaa varjostusta – porrastetut rakennusten korkeudet rinteessä. -Maalämpö <ul style="list-style-type: none"> • mieluusti kalliopohja, jos ei, on kalliimpaa • kaivojen välinen etäisyys toisistaan 20 m, joten tontin leveys tai pituus ei ainakaan tätä vähempää • ei pohjavesialueille • kaivo vähintään 5 m päässä rakennuksen seinästä. -Puupolttoiset kiinteistökohtaiset <ul style="list-style-type: none"> • ei vaadi huomiointia kaavassa. -Tuulivoima <ul style="list-style-type: none"> • pystytuuliroottoreissa kahden laitteen välisen etäisyyden pitäisi olla vähintään kolme kertaa siiven halkaisija • tällä hetkellä ei voida sijoittaa lähelle asumista. -Alueellinen CHP <ul style="list-style-type: none"> • oletetaan vievän tilaa Kempeleen ekokorttelin esimerkin (Salmela 2010) mukaisesti noin 7 000 m² • vaatii helpon ja esteettömän reitin päätieltä voimalan luokse polttoaineen kuljetusta varten • yksi tapa tuottaa polttoainetta laitokselle voisi olla esimerkiksi ns. levätalo, jonka julkisivuelementtien joukossa on levänkasvatusalustoja. Tuotettua levää voidaan hyödyntää muun biomassan tavoin lämmöntuotannossa. -Yhteistuotettu kaukolämpö <ul style="list-style-type: none"> • mitä tiiviimpi alue, sitä kannattavampaa on kaukolämmön käyttö.



5.2.2 Uddaksen nykytilanteessa pitäytyminen – Säilyttävä vaihtoehto 0 (VE0)

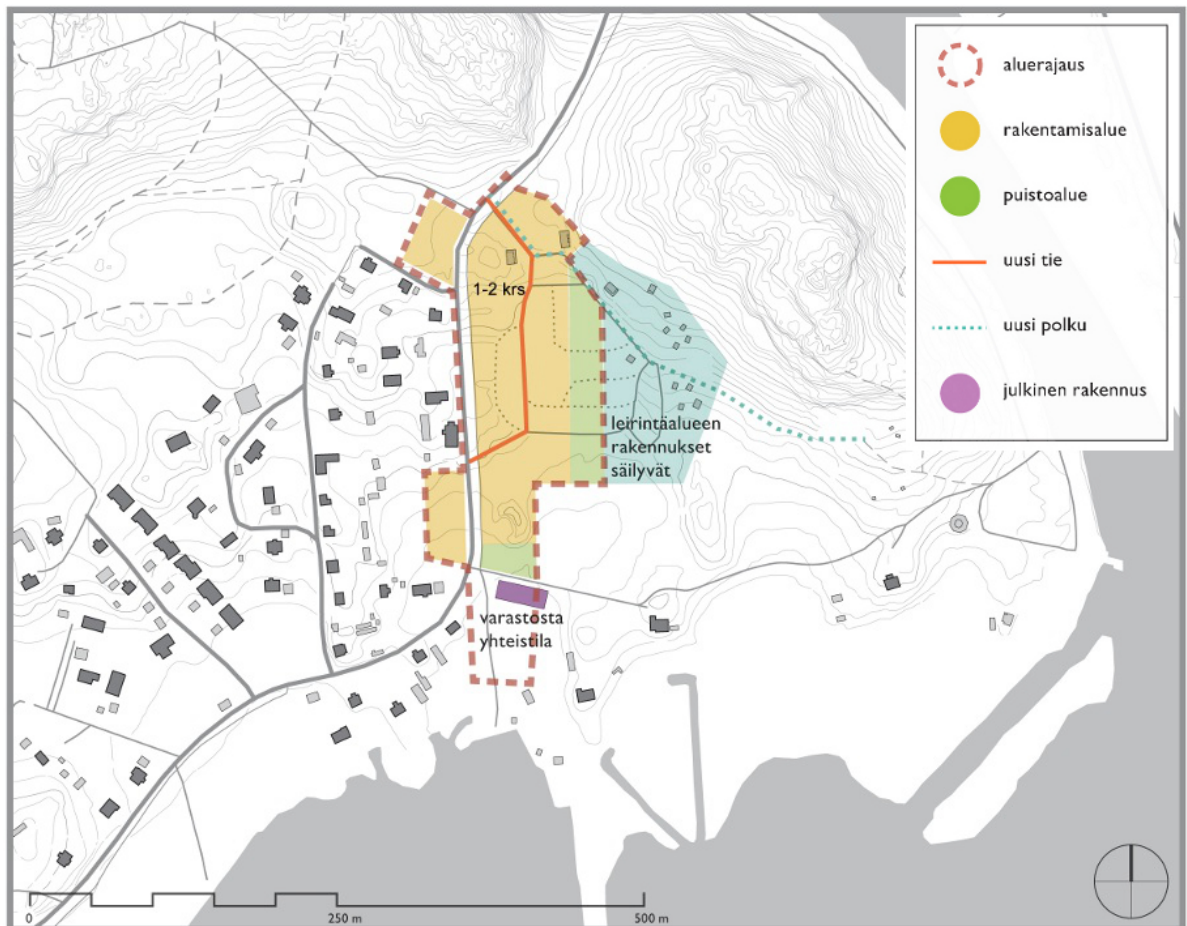
Vertailukohdan saamiseksi VE0 tarkastelee Kokkonniemen leirintäalueen kehittämistä nykyisen Uddaksen kaltaiseksi asuinalueeksi. Vaihtoehto on mitoitettu Uddaksen aluetehokkuuden mukaisesti ja energiaratkaisuiksi alueelle on valittu pientaloille Suomessa tyypillisimmät vaihtoehdot: sähköverkon sähkö, sähkölämmitys sekä tukilämmitysmuotona takat. VE0:ssa alueelle siirrettäisiin vanhoja puurakenteisia, noin kaksikerroksisia omakotitaloja, jotta alueen ilmapiiri säilyisi nykyisen kaltaisena ja rakennusmateriaalien tarve olisi pientä ja perustuisi kierrätykseen. Näin ollen alueelle tulisi muutamia kymmeniä uusia asukkaita korttelitehokkuudella 0,1. Todennäköisesti alue houkuttelisi asukkaikseen rakennushistoriasta ja kulttuuriympäristön kehittämisestä kiinnostuneita ihmisiä. Aluerajaus mahdollistaa leirintäalueen toiminnan jatkumisen aivan asuinalueen naapurissa.

VE0:n idea on toteuttaa nykymittakaavan ja -logiikan asuinalue, jotta muilla vaihtoehtoisilla maankäyttösuunnitelmilla olisi järkevä vertailukohta. Alue on kuitenkin perusidealtaan toteuttamiskelpoinen. Se sopii Porvoon tulevaisuuskuvaan ja skenaarioihin ennen kaikkea kierrätysajatuksensa puolesta: materiaalien kierrätys tulee olemaan merkittävä uusi suuntaus rakennusosalalla. Suunnitteluperiaatteista toteutuvat läpäisevien pintojen ja puurakentamisen suosiminen, ylimääräisten katulinjausten karsiminen, hiilinielujen säästäminen ja rinteiden pitäminen vapaana yhtenäisiltä rakennusmassoilta. Muutoin VE0 on monilta osin ristiriidassa skenaarioissa kuvatun kehityksen ja niitä tukevien suunnitteluperiaatteiden kannalta, eikä alueen toteuttaminen VE0:n tyyliin edistä kulkua kohti hahmoteltua tulevaisuuskuva.



Kuva 5.2. VE0:ssa alue rakentuisi nykyisen Uddaksen henkeä jäljitellen (kuva: Talusén).





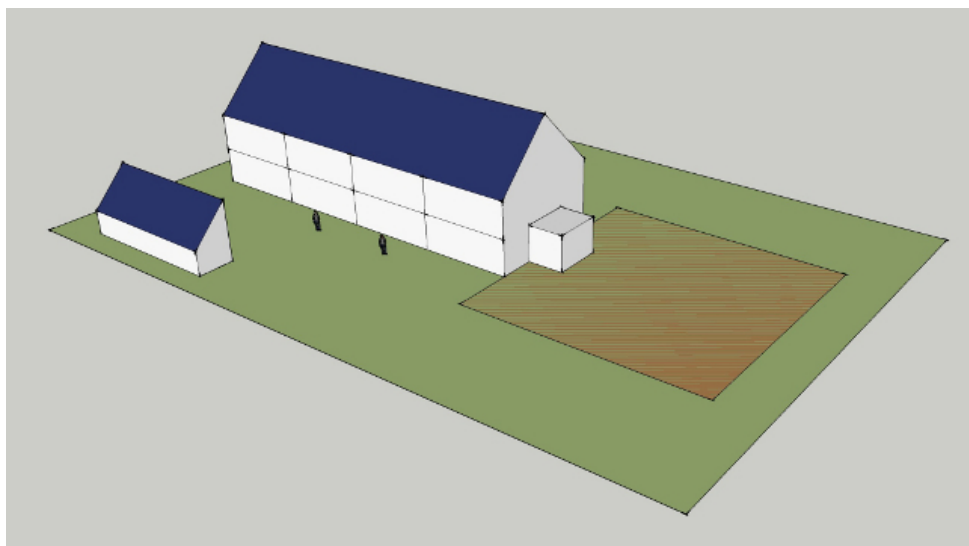
Kuva 5.3. Maankäyttö Säilyttävässä VE0:ssa (kuva: Chen).



5.2.3 Energiaomavarainen mittakaava – Itsenäinen vaihtoehto 1 (VE1)

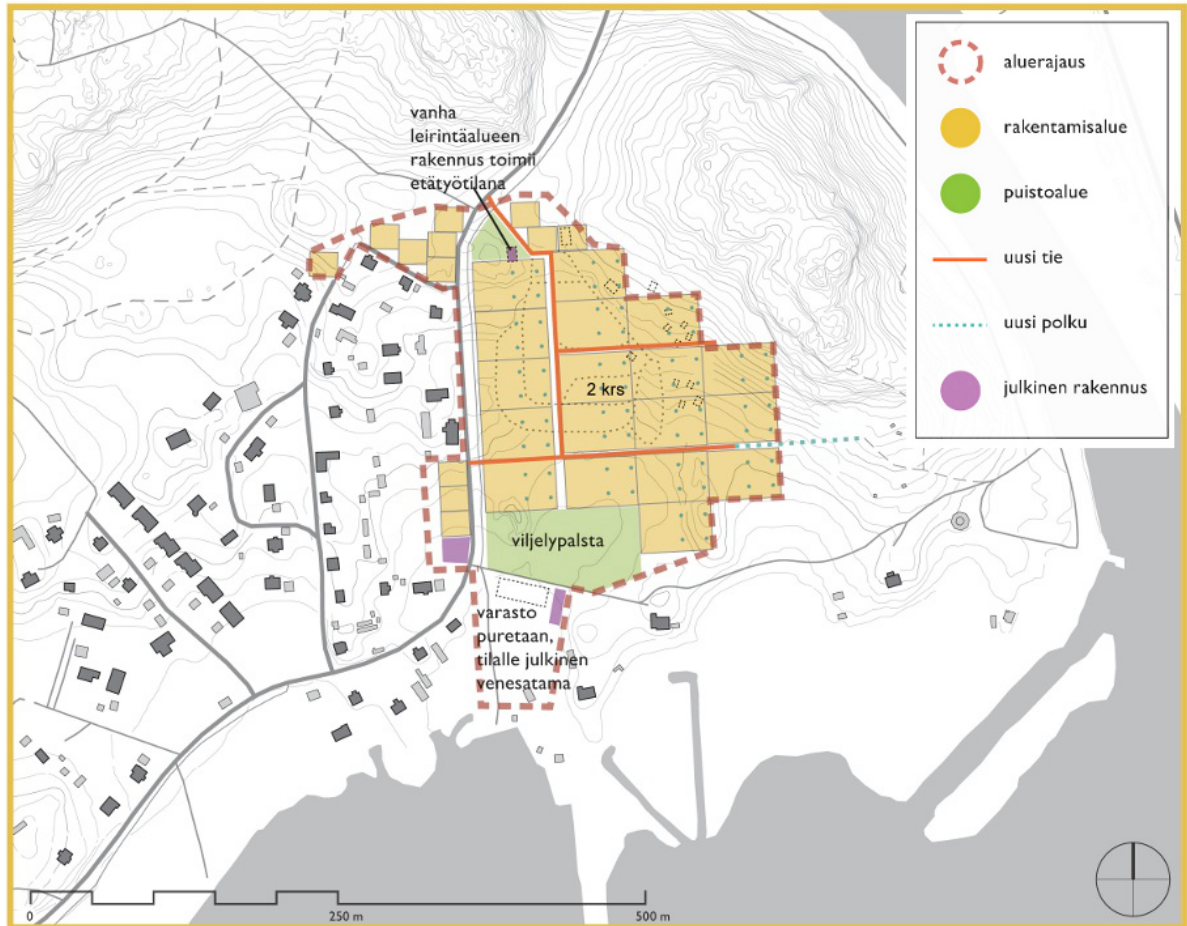
VE1:ssä lähtökohtana on tuottaa kaikki alueen tarvitsema energia itse. Tontit on mitoitettu mahdollistamaan kiinteistökohtaiset maalämpöpumppujärjestelmät porakaivoineen sekä aurinkosähkön tuotanto huomioiden rakennusten vuotuinen energiantarve. Rakennukset ovat rivi- ja erillistaloja, joissa on korkeintaan kaksi kerrosta, joten ne istuvat nykyiseen rakennuskantaan hyvin luoden entistä tiiviimpää, kylämäistä aluetta. Siten alueelle tulisi yli 300 uutta asukasta korttelitehokkuudella 0,25. Asuinneliöt asukasta kohden on mitoitettu vähäisiksi ja asunnot yhteisasumiseen sopiviksi moduuleiksi, jotka sopivat kuitenkin myös perheille. Piharakennukset auttavat osaltaan sähköntuotannossa ja ovat asukkaiden yhteisessä käytössä saunoineen ja etätyöskentelytiloineen. Parkkipaikkoja on vähän, ne on sijoitettu kadun varsiin ja kevyen liikenteen reitit ovat etusijalla liikennejärjestelyissä, jotta asukkaat käyttäisivät yksityisautojen sijaan päästöttömiä kulkuvälineitä. Alueella on oma talonmies, joka taitaa energialaitteistojen huollon. On odotettavissa, että alue houkuttelisi energiaomavaraisuudesta kiinnostuneita asukkaita, jotka haluavat toimia asuinyhteisössään aktiivisesti muiden ihmisten kanssa. Kylämäisen alueen keskusta syntyy rannan tuntumaan kolmen tien risteykseen, joka on myös alueelle keskustasta päin saavuttaessa pääreitit näkymän päätteensä.

VE1 tukee hahmoteltua tulevaisuuskuvaa kohti etenemisessä panostamalla uusiutuviin, paikallisiin ja hyvin matalapäästöisiin energianlähteisiin. VE1 sopii suunnitteluperiaatteisiin, skenaarioihin ja tulevaisuuskuvaan monilta osin: se toteuttaa kaikki aurinkoenergian ja maalämmön suunnitteluperiaatteet, suosii yhteisasumista ja pieniä asuntoja sekä läpäiseviä pintoja, kannustaa kävelyyn ja pyöräilyyn autoilun kustannuksella, mahdollistaa kaupunkiviljelyn, vaalii puustoa ja siten hiilinieluja, ohjaa puurakentamiseen ja pitää rinteet vapaana tiiviistä massoitelusta. Ristiriidassa suunnitteluperiaatteisiin nähden ovat suurehkot tontit ja matalat rakennukset. Vaihtoehto on Porvoon ilmastostrategian mukainen, sillä aurinkoenergia, maalämpö ja biopolttoaineet toimivat kaukolämmön rinnalla (ks. luku 2.2.1).



Kuva 5.4. Kun aurinkopaneelien pinta-ala sovitetaan rivitalon katolle ja maalämpöpumppujen porakaivot pihapiiriin, muovautuisivat tontit rakennuksineen tällaisiksi (kuva: Chen).





Kuva 5.5. Maankäyttö Itsenäisessä VE1:ssä (kuva: Chen).



5.2.4 Kaukolämpöön tukeutuminen – Täydentävä vaihtoehto 2 (VE2)

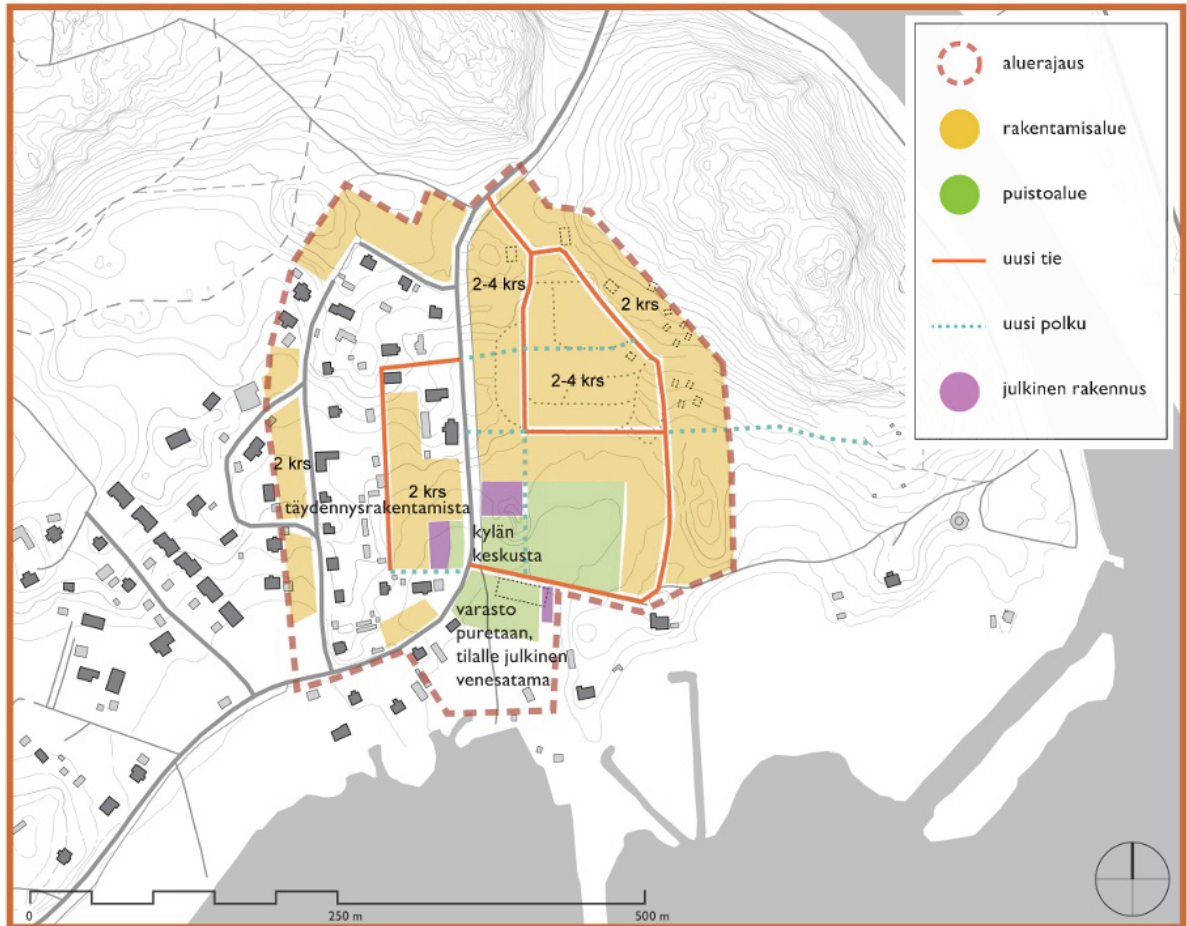
VE2 perustuu ajatukseen, että alue rakennetaan tarpeeksi tiiviisti, jotta kaukolämmön käyttöönotto olisi siellä järkevää. Sen ominaispiirteet ovat olemassaolevaan rakenteeseen sulautuva pienimittakaavainen asuinympäristö ja sen keskelle syntyvä kylämäinen keskuspaikka. Alueen korttelitehokkuus on noin 0,5 ja sinne tulee noin 760 uutta asukasta. Asuinalueen rakennuskanta koostuu 2–4 kerroksisista puurakenteisista kaupunkivilloista ja pienkerrostaloista sekä townhouse-tyyppisistä ratkaisusta. Tielinjaukset mukailevat maastonmuotoja ja käyttävät hyväkseen nykyisellä leirintäalueella olevia reittejä. Rakennukset linjautuvat tiiviisti katujen reunaan muodostaen tiiviin ja intiimin katutilan vanhan Uddaksen tapaan. Pääreittien varrella rakennusten välillä käytetään lauta- tai kuusiaitaa rajaamaan piha- ja katutila toisistaan. Pohjois–etelä-suuntaiset reitit laskeutuvat merta kohti ja tarjoavat merinäkömän niiden varrella oleville rakennuksille. Myös rinteessä olevilla rakennuksilla on merinäköala. Kylämäisen alueen keskusta syntyy rannan tuntumaan kolmen tien risteykseen, joka on myös alueelle tultaessa pääreitin näkömän päätteenä.

VE2 tukee skenaarioita, tulevaisuuskuvaa ja suunnitteluperiaatteita siten, että se rakentuu tiiviiksi ja kaukolämmölle sopivaksi alueeksi. Kaukolämmön kannalta alueen olisi kannattavaa olla asukasmäärältään suurempikin. Suunnitteluperiaatteista toteutuvat yhteisasumisen tukeminen, useamman toiminnon sekoittuminen samalla alueella, tiivis rakenne ja pienet asunnot, tuulitunneleiden syntyminen ehkäiseminen, niukka pysäköintinormi ja jalan sekä pyörällä liikkumisen edistäminen, ylimääräisten katulinjojen karsiminen, kaupunkiviljelyn mahdollistaminen, puurakentamisen suosiminen sekä rinteiden yhtenäisen massoitte- lun välttäminen.



Kuva 5.6. VE2 voisi muistuttaa Porvoon modernia puukaupunkia Länsirannalla (kuva: Talusén).





Kuva 5.7. Maankäyttö Täydentävässä VE2:ssa (kuva: Chen).



5.2.5 Maksimaalisten ratkaisujen etsiminen – Kokeileva Vaihtoehto 3 (VE3)

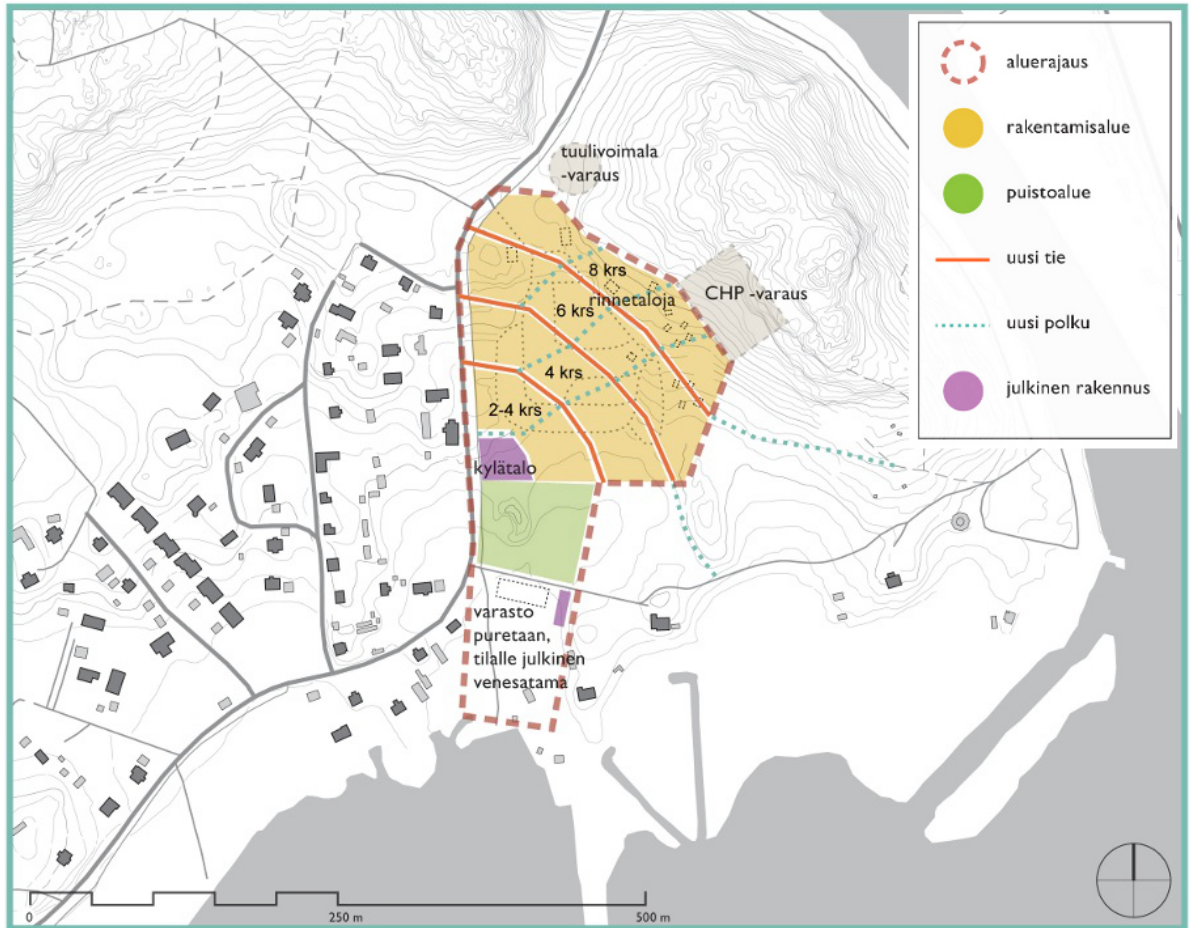
VE3 on vaihtoehtovertailujen toinen ääripää, jossa alueelle sijoitetaan korkean tehokkuuden rakentamista. Alue pohjautuu idealle tukeutua kaukolämpö- ja sähköverkkoihin kokeilemalla kuitenkin paikallisesti energiantuotannon ratkaisuja. Korttelitehokkuus 1,6 vastaa Helsingin Jätkäsaaren kaltaista rakennetta ja tuo alueelle noin 1300 uutta asukasta. Rakentaminen keskittyy loivan rinteen parhaille rakennettavuusalueille ja rantavyöhyke on jätetty avoimeksi. Rinteen suuntaisesti nouseva rakentaminen takaa mahdollisimman monelle asunnolle merinäköalan. Alueen tiiviyyttä kompensoi väistyvän leirintäalueen reunoja tiukasti seuraava raja, joka jättää muun virkistysalueen ja nykyisen Uddaksen asuinalueen pääosin nykyiseen tilaansa. Alueen autopaikat sijoitetaan keskitetysti rakennusten kellari-kerrokseen osin rinteen alle. Uusi rakentaminen tulee muuttamaan suuresti alueen rakennetta ja maisemaa. Lämpöenergiaa tuotetaan paikallisesti alueellisessa CHP-laitoksessa sekä lisäksi yhdessä rakennuksessa levän kasvatukseen perustuvan rakennusten seinämateriaalin avulla. Sähköä puolestaan tuotetaan yhden tuulivoimalan, alueellisen CHP-laitoksen sekä aurinkopaneelien avulla.

VE3 tukee skenaarioita ja tulevaisuuskuvaa siten, että se edistää uusiutuvan, paikallisen energian tuotantoa ja käyttöä, vaikkei tukeudukaan täyteen omavaraisuuteen. Suunnitteluperiaatteita VE3 noudattaa tiiviistikin: se tarjoaa yhteisasumisratkaisuja, monien toimintojen sekoittumista samalla alueella, tiiviin rakenteen ja pienet asunnot, tuulitunneleiden syntymisen ehkäisy, vain välttämättömät tielinjaukset, ympäröivien hiilinielujen säästämisen (rakennettavalla alueella ne vähenevät) ja puurakentamista. Energiantuotannossa suunnitteluperiaatteet toteutuvat pääasiassa, mutta aurinkopaneelien suhteen potentiaalia ei ole maksimoitu suuntaamalla jokaista rakennusta etelään. Myös parkkipaikkainormi on vaihtoehtoista väljin ja tapahtuu osittain rakennusten kellareissa, mikä voi tehdä autoilusta houkuttavampaa kuin muissa vaihtoehtoissa. Vaihtoehto on Porvoon ilmastostrategian mukainen, sillä aurinkoenergia, maalämpö ja biopolttoaineet toimivat kaukolämmön rinnalla (ks. luku 2.2.1).



Kuva 5.8. Jätkäsaaren tiiviiden aste on sovitettu VE3:een (kuva: Talusén).





Kuva 5.9. Maankäyttö Kokeilevassa VE3:ssa (kuva: Chen).



5.2.6 Vaihtoehdot tiivistetysti

Kaikki esitetyt vaihtoehdot sijoittuvat suurin piirtein samalle alueelle, mutta jokaisella on hieman erilainen aluerajaus. Aluerajaukseen vaikuttavat mm. asukasmäärät ja taustalla vaikuttava periaate energiajärjestelmästä. Vaihtoehdot eroavat toisistaan monissa muissakin seikoissa, minkä vuoksi seuraava taulukko tiivistää kaikkien vaihtoehtojen keskeisimmät piirteet. Yhdistävänä tekijänä kaikille on puurakentaminen.

Taulukko 5.2. Vaihtoehtojen keskeisimmät ominaisuudet.

	Säilyttävä VE0	Itsenäinen VE1	Täydentävä VE2	Kokeileva VE3
Asukasmäärä	40	340	760	1 360
Aluerajaus	3,7 ha, josta 2,4 ha rakentamisaluetta	6,9 ha, josta 4,7 ha rakentamisaluetta	täydennys- ja uudisrakentamisen alue 12,2 ha, josta 5,7 ha rakentamisaluetta ja yhteensä 8,7 ha:lle uutta kehittämistä	5,7 ha, josta 3,0 ha rakentamisaluetta
k-m²/asukas (huoneistoala)	60 k-m ² (54 m ²)	37,5 k-m ² (33,75 m ²)	37,5 k-m ² (33,75 m ²)	37,5 k-m ² (33,75 m ²)
k-m² yhteensä	2 520	13 700	30 500	51 600
Aluetehokkuus	0,07	0,18	0,23	0,9
Korttelitehok.	0,1	0,25	0,5	1,6
Rakennuskanta	omakotitaloja	kaksikerroksisia erillis- ja rivitaloja	2-4 kerroksisia pienkerrostaloja, rivitaloja ja kaupunkivilloja	4-8 kerroksisia kerrostaloja ja terassitaloja
Piharakennukset	50 m ² / asuinrakennus, yhteensä 750 k-m ²	rivitaloilla 45 k-m ² piharakennus, erillistaloilla 24 k-m ² piharakennus, yhteensä 1 100 k-m ²	yhteissauna, piharakennuksia 2 000 k-m ²	yhteistilat ja -sauna 300 k-m ²
Lämmitys	sähkö, puu	maalämpöpumppu	yhteistuotettu kaukolämpö	yhteistuotettu kaukolämpö, leväseinät, pien-chp
Sähkö	sähköverkko	aurinkosähkö	sähköverkko	sähköverkko, aurinkosähkö, tuuli-voima, pien-chp
Pysäköinti-normi	145 k-m ² / ap (tonttipysäköinti)	250 k-m ² / ap (50 % kadunvarsi, 50 % tontti)	200 k-m ² / ap (50 % kadunvarsi, 50 % tontti)	150 k-m ² / ap (kellaripysäköinti)
Liikennetaitaisut	yksi uusi pikkutie	uusia teitä nykyisten pohjalta	uusia teitä nykyisten pohjalta	uudet tiet asuinalueelle
Viheralueet	puistoa	puistoa, viljelyaluetta	puistoa, viljelyaluetta	puistoa



Vaihtoehdot perustuvat kukin erilaisiin ennakko-oletuksiin. VE0:ssa Uddaksen mittakaavan mitoitus on tarkoittanut, että Uddaksessa sijaitsevassa 78 rakennuksessa asuisi yhteensä noin 200 henkeä (eli noin 60m^2 asukasta kohden) ja että kyseiset rakennukset levittäytyvät 22 hehtaarin alueelle. VE1:ssa tontit on mitoitettu maalämpöpumppujen kapasiteetin ja tilatarpeen mukaan. Rakennusten katot puolestaan on mitoitettu kattamaan vuotuinen kulutus olettaen, että akkujen ja kesän ylituotannon avulla selvitään talven ylitse. Alueella toimii energiajärjestelmien ylläpidon tukena talonmies. Leirintäalueen vastaanottorakennus otetaan monitoimikäyttöön sijoittaen sinne esimerkiksi etätyötiloja. Samoin tehdään myös VE2:ssa, joka on mitoitettu Tampereen Pispalan aluetehokkuuden mukaisesti. Alueelle palkataan kaksi omaa talonmiestä, kuten myös VE3:ssa. VE2:ssa ja VE3:ssa osa Uddaksen taloista voisi liittyä alueelle tuotavaan kaukolämpöverkkoon, minkä oletetaan parantavan kaukolämmön rakentamisen kannattavuutta. VE3 mitoitetaan Jätkäsaaren aluetehokkuuden mukaisesti. Energiantuotannolle on varattu maan alle $7\,000\text{ m}^2$ viisi metriä korkeaa hallia, jonka tilavuus on $35\,000\text{ m}^3$ Kempeleen esimerkin (ks. Salmela 2010) mukaisesti.





6 ANALYYSI JA VAIHTOEHTOJEN VERTAILU



6 Analyysi ja vaihtoehtojen vertailu

Kokonniemen vaihtoehtoisia maankäyttösuunnitelmia tarkastellaan tässä luvussa kolmesta näkökulmasta: energiantuotannon, päästöjen ja ympäristön näkökulmasta. Tässä diplomityössä käytetään vaikutusten arviointiin sekä vaihtoehtojen vertailuun KEKO-työkalun rinnalla perinteikästä SWOT-luokittelua sekä arviointitaulukko- ja intressianalyysimenetelmiä. Lukuun 6.2 asti vertaillaan vaihtoehtoisia maankäyttösuunnitelmia, kun taas luvusta 6.2 eteenpäin käsitellään vaihtoehtoista aiheutuvia vaikutuksia.

Vaikutuksia tarkasteltaessa ja vaihtoehtoja vertailtaessa on pidettävä mielessä alueen pieni koko. Se vaikuttaa esimerkiksi palveluiden saatavuuteen: minkään vaihtoehdon asukasmäärät kun eivät riitä esimerkiksi kaupan tai koulun perustamiseen. Alueen pienuus tarkoittaa myös, että alueella syntyvät fyysiset vaikutukset eivät Porvoon tai seudun mitta-kaavassa yllä valtavien mittasuhteisiin.

6.1 Vaihtoehdot SWOT-tarkastelussa

Seuraavissa taulukoissa tarkastellaan aluetta ja eri vaihtoehtoja analysoimalla niiden vahvuuksia, heikkouksia, mahdollisuuksia ja uhkia SWOT-analyysin avulla. Menetelmästä kerrotaan tarkemmin luvussa 4.1. Ensimmäinen taulukko 6.1 käsittelee Kokonniemeä alueena yleisesti asuinrakentamiselle soveltuvana alueena.

Taulukko 6.1. Kokonniemi alueena SWOT-tarkastelussa.

<p>Sisäiset vahvuudet</p> <ul style="list-style-type: none"> • hyvät urheilu- ja virkistysmahdollisuudet • lyhyt etäisyys keskustaan • hienot maisemat, hyvä ilmansuunta • meren läheisyys • rauhallinen ja hiljainen ympäristö • on luonnetta, "Melukylä" 	<p>Sisäiset heikkoudet</p> <ul style="list-style-type: none"> • yhteydet keskustaan ja muihin palvelukeskitymiin hajanaiset • ranta on vieressä, mutta rannan tuntu puuttuu • luontoalueiden virkistysominaisuudet joistain suunnista vaikeasti tavoitettavissa • tyhjillään oleva puhdistamorakennus epäsiistissä kunnossa • kansanpuisto ja paviljonki vajaakäytössä
<p>Ulkoiset mahdollisuudet</p> <ul style="list-style-type: none"> • palvelut tulossa vielä lähemmäs Länsirannan rakennuttua • potentiaalia kehittyä koko Porvoon viehättävimmäksi virkistysalueeksi ja virkistysmyönteisimmäksi asuinalueeksi • asuinalueena maisema voisi avartua ja lisää vanhan kulttuurimaiseman piirteitä voisi palata alueelle 	<p>Ulkoiset uhat</p> <ul style="list-style-type: none"> • leirintäalue rakenteineen ja opasteineen parhaat päivänsä nähnyt, joten kilpailutilanteessa ränsistyminen uhkaa • vajavaisten yhteyksien vuoksi alue voi jäädä syrjään ja vajaakäytölle, jolloin myös vanhan puiston ja paviljongin ylläpito voi jäädä vähemmälle • vähemmällä käytöllä pusikoituminen uhkaa avaraa maisematilaa



Taulukko 6.2. Säilyttävä VE 0 SWOT-tarkastelussa.

Sisäiset vahvuudet <ul style="list-style-type: none"> • tarvitaan vain vähän uutta infrastruktuuria • säilyttää alueen nykyisen ilmeen • vanhojen talojen tuonti säästää rakennusmateriaaleja 	Sisäiset heikkoudet <ul style="list-style-type: none"> • alhainen tehokkuus, alueen koko potentiaalia keskustaa lähellä olevana asuinalueena ei hyödynnetty • vanhat rakennukset muunnettava siirtämisen yhteydessä nykyisiä energianormeja vastaaviksi
Ulkoiset mahdollisuudet <ul style="list-style-type: none"> • vanhojen rakennusten siirto voi houkutella historiallisista taloista kiinnostuneita • leirintäalue voi jatkaa toimintaa asuinalueen vieressä päivitetyllä konseptilla • vanhojen rakennusten siirto voi entisestään vahvistaa kaupungin imagoa kulttuurihistoriaa arvostavana • alueen toteutuksen pitäisi olla turvattu suunnitellun mukaiseksi kunnan väestökehityksestä riippumatta 	Ulkoiset uhat <ul style="list-style-type: none"> • alhaisella tehokkuudella rakentaminen voi tehdä tulevaisuuden mahdollisesta täydennysrakentamisesta jopa mahdotonta • Porvoon yhdyskuntarakenne ei eheydy ja tiivisty vaan levittäytyy harvana – voi rohkaista vastaavaa kehitystä muuallekin kuntaan • kehitys ei vie skenaarioissa ehdotettua kehitysreittiä pitkin, joten ehdotetun tulevaisuuskuvan toteutuminen on vaakalaudalla

Taulukko 6.3. Itsenäinen VE1 SWOT-tarkastelussa.

Sisäiset vahvuudet <ul style="list-style-type: none"> • energiaomavaraisuus Porvoon imagon kannalta olennainen seuraava askel Skaftkärrin jälkeen • suuret pihat ja erityinen energiajärjestelmä kannustavat yhteisöllisyyteen ja paikallisiin elämyksiin • vaikka ulottuu laajalle alueelle, piiloutuu mataluutensa ansiosta rinteiden juureen 	Sisäiset heikkoudet <ul style="list-style-type: none"> • jäykkä ja monotoninen mitoitus, jos pyritään samaan aikaan tiiviiseen tehokkuuteen • energiajärjestelmä vaatii asukas yhteisöltä aktiivisuutta
Ulkoiset mahdollisuudet <ul style="list-style-type: none"> • yhteiset energiantuotantojärjestelmät ja yhteistilat vahvistavat yhteisöllisyyttä alueen sisällä • energiajärjestelmä riippumaton yleisen verkon ongelmista • voisi muotoutua todelliseksi puutarhakaupunginosaksi • kehitys vie skenaarioissa ehdotettua reittiä pitkin, joten ehdotettu tulevaisuuskuva voisi toteutua 	Ulkoiset uhat <ul style="list-style-type: none"> • energiajärjestelmä voi olla herkkä vioille ja jäädä torsoksi, jos asukkaita ei kiinnosta sen ylläpito tai toimintaan ei saada hyvää liiketoimintamallia • energiateknologian ja -markkinoiden yllättävät muutokset voivat heikentää intoa investoida energiajärjestelmään • jos asukkaat eivät aktivoidu pihojen pitämiseen, voi alue jäädä väljän tuntuiseksi tai puikoitua



Taulukko 6.4. Täydentävä VE2 SWOT-tarkastelussa.

Sisäiset vahvuudet <ul style="list-style-type: none"> • muodostaa nykyisen Uddaksen kanssa rakenteellisesti yhtenäisen alueen tiivistäessään myös olemassa olevaa rakennetta • kaukolämpöön voivat liittyä ja siten päästöjään vähentää myös jotkin Uddaksen talot 	Sisäiset heikkoudet <ul style="list-style-type: none"> • riippuvainen energiayhtiön tuottamasta kaukolämmöstä • täydennysrakentamisen oikeutus nykyasukaiden parissa voi olla haaste • alueen korkeus ja tiiviys voi kadottaa sen nykyisen luonteen
Ulkoiset mahdollisuudet <ul style="list-style-type: none"> • asukasmäärä tukee paikallisten palveluiden ja parempien joukkoliikenneyhteyksien syntymistä • kaupunkimaisen kaupungin levittäminen laajemmalle alueelle voi kannustaa tiiviimpään kehitykseen muualla kaupungissa 	Ulkoiset uhat <ul style="list-style-type: none"> • jos Porvoon kasvu ei jatku odotetusti ja kerrostaloasumiselle ei ole kysyntää, voi alue jäädä puolityhjäksi • ei vie Porvoon energiaviisautta eteenpäin

Taulukko 6.5. Kokeileva VE3 SWOT-tarkastelussa.

Sisäiset vahvuudet <ul style="list-style-type: none"> • suuri asukasmäärä vastaa alueen korkeaan asuinrakentamispotentiaaliin • maastoa mukailevien rakennusten yläkerroksista merinäköala • energiajärjestelmä, joka tukeutuu sekä paikalliseen tuotantoon että kaupungin energiaverkkoihin, on stabiili 	Sisäiset heikkoudet <ul style="list-style-type: none"> • ei säilytä alueen nykyistä luonnetta • ei tyypillisintä Porvoota: tiiviillä kerrostaloalueilla, joilla aluetehokkuus on yli 0,32, asuu Porvoossa nykyisin vain noin 3 000 ihmistä • asuntojen koillissivun valonsaanti voi olla heikkoa • tiivis rakenne sallii vähemmän uusiutuvan energian tuotantoa • muuttaa merkittävästi viereisen virkistysalueen maisemaa
Ulkoiset mahdollisuudet <ul style="list-style-type: none"> • pienen maa-alan käyttäminen tiiviisti säästää ympäröiviä luontoalueita rakentamiselta • kasvattaa Porvoon tiiviiden kerrostaloalueiden suhteellista määrää eli ”kaupungistaa kaupunkia” • uusien energiantuotantomuotojen kokeilu vie Porvoon energiaviisautta kiinnostaan suuntaan ja voi houkuttaa alan toimijoita kaupunkiin 	Ulkoiset uhat <ul style="list-style-type: none"> • aiheuttaa suurimman paineen ympäröiville virkistysalueille kasvavien käyttäjämäärien vuoksi, mikä voi heikentää virkistysalueen laatua • uusien energiajärjestelmien kokeilu voi olla ongelmaherkkää • energiateknologian ja -markkinoiden yllättävät muutokset voivat heikentää intoa investoida energiajärjestelmään • jos Porvoon kasvu ei jatku odotetusti ja kerrostaloasumiselle ei ole kysyntää, voi alue jäädä puolityhjäksi

SWOT-analyyseissä korostuu, että alue tarjoaa asumiselle miellyttävän ympäristön. Kuitenkin uusi rakentaminen on huolellisesti sovitettava alueen ilmapiiriin ja mittakaavaan. Lisäksi paikallisten energiantuotantotapojen hyödyntäminen alueella voi luoda hyötyjä, mutta toisaalta tutut teknologiat näyttäytyvät riskittöminä vaihtoehtoina.



6.2 Energiantuotannon ja -kulutuksen kohtaaminen Kokonniemessä

Paikallisen, uusiutuvan energian tuotannon mahdollisuuksia Kokonniemessä on tarkasteltu arvioimalla alueen energiankulutusta sekä teoreettista energiantuotannon potentiaalia alueella. Kulutuksen ja tuotannon arviointia on tehty samassa työvaiheessa kuin vaihtoehtojen luonnosteluakin, sillä osaa näistä tiedoista tarvittiin myös KEKO-arvioinnin energiaa käsittelevien osuuksien lähtötiedoiksi. Luvut kertovat kuitenkin myös vaihtoehtojen keskeisistä ominaisuuksista sinällään, joten niiden tarkastelu vaihtoehtoja vertailtaessa on tärkeää ja siten ajankohtaista tässä luvussa.

6.2.1 Arvio Kokonniemen energiankulutuksesta

Kokonniemen sähkönkulutuksen arviot on laskettu perustuen tutkimuksen (Adato Energia 2013) keskiarvoihin vuotuisesta sähkönkulutuksesta talotyypeittäin. On huomattava, että tilastot ovat vuodelta 2011, joten ne eivät välttämättä vastaa täysin nykykulutusta. Poikkeuksen arviointimenetelmässä tekee omavarainen vaihtoehto 1, jossa oletetaan kulutuksen toteutuvan kuten Motivan (2012b) julkaisun esimerkissä, jossa neljän hengen 150 m² omakotitalossa on käytössä maalämpöpumppu. Arvioissa sähkölaitteiden varustelutason oletetaan olevan tavanomaisella tasolla.

Lämmitysenergian kulutus on arvioitu vaihtoehtoissa VE2 ja VE3 olettaen, että talot ovat matalaenergiatasoisia kuluttaen määritelmän (alle 60 kWh/brm²/vuosi) mukaisesti jokaisessa rakennuksessa 59 kWh kerrosneliötä kohden. On huomattava, että matalaenergiatalon määritelmän kWh-lukema on laskennallinen ja kuvaa normaalivuoden lämmitysenergiantarvetta. Tarkemmat yksityiskohdat arvioinneista on nähtävillä liitteessä 1.

Taulukko 6.6. Vuotuinen energiankulutus Kokonniemen uudella asuinalueella yhteensä kilowattitunteina (kWh).

	VE0	VE1	VE2	VE3
Sähkö	76 000	504 000	2 432 000 kWh (n. 2,4 GWh)	3 264 000 kWh (n. 3,3 GWh)
Lämpö	196 000 (sähkölämmitys)	302 400 (maalämpöpumpun sähkönkulutus)	1 681 500 kWh (n. 1,7 GWh)	3 026 700 kWh (n. 3,0 GWh)
Yhteensä	272 000	806 400	4 113 500 kWh (n. 4,1 GWh)	6 290 700 kWh (n. 6,3 GWh)

Taulukko 6.6 osoittaa, että vaihtoehtojen vuotuinen kokonaiskulutus on odotetusti suurin VE3:ssa ja matalin VE0:ssa. Myös KEKO-arviointityökalu tuotti oman arvionsa energiankulutuksesta eri vaihtoehtoissa ja tulokset erosivat hieman tässä tehdystä arvioinnista. KEKOn arvio oli samansuuntainen suuruusluokiltaan ja siten osaltaan tukee tätä arviota. Kokonaiskulutus kertoo vain osan totuudesta, ja jotta vaihtoehtojen kulutusta voitaisiin paremmin vertailla, tarkastellaan seuraavassa taulukossa vuotuista kulutusta asukasta kohden. Arvio on tehty jakamalla edellisen taulukon lukemat asukasmäärillä.



Taulukko 6.7 Vuotuinen energiankulutus Kokonniemen uudella asuinalueella keskimäärin henkilöä kohden kilowattitunteina (kWh).

	VE0	VE1	VE2	VE3
Sähkö	1900	1480	3200	2400
Lämpö	4900	890	2210	2230
Yhteensä	6800	2370	5410	4630

Taulukosta 6.7 nähdään, että odotetusti VE0:n kokonaiskulutus asukasta kohden on vertailun korkein. Arvio antaa myös ymmärtää, että tiivistyessään rakenne myös tehostuu energiankulutuksen näkökulmasta. Kuitenkin VE1 erottuu joukosta matalimmilla kulutusluke- milla vaikka alue ei olekaan yhtä tiivis kuin VE2:ssa ja VE3:ssa. On huomattava, että ero voi johtua myös arviointimenetelmän erilaisuudesta.

6.2.2 Kokonniemen energiantuotantopotentiaali

Energiantuotantopotentiaali on arvioitu tarkemmin VE1:lle ja VE3:lle, koska ne ovat vaihtoehtot, joihin on suunniteltu omaa energiantuotantoa. Tuotantopotentiaalin arviointia tarvittiin myös KEKO-työkaluun syötettyihin taustatietoihin. Arviointi perustuu VE1:n osalta Motivan arvioon lämpöpumpulla varustettujen neljän hengen matalaenergiatalojen sähkökulutuksesta (Motiva 2012b) sekä Motivan arvioon aurinkopaneelien tuotantopotentiaalista (Motiva 2014a). VE3: osalta arvio perustuu tapausesimerkkeihin, joissa vastaavien voimaloiden tuotanto on mitattu tai arvioitu (CHP-laitos Kempeleessä ks. Taavitsainen 2012, tuulivoimala Tuusulassa ks. Eagle tuulivoima Oy 2010 ja levää biomassana sähkö- ja lämpöenergian tuotannossa hyödyntävä rakennus ks. Hay 2014). Aurinkosähkön kohdalla on käytetty samaa Motivan arviota kuin VE1:ssa (Motiva 2014a). Tarkemmat tiedot las- kelmista ovat liitteessä 1.

Taulukko 6.8. Uusiutuvan energian paikallinen tuotanto VE1:ssa ja VE3:ssa.

	VE1	VE3
Aurinkosähkö (kWh)	806 400	340 000
Maalämpö (kWh)	756 000	-
Tuulivoima (kWh)	-	15 600
Pien-CHP	-	Sähkö: 165 000 Lämpö: 330 000
”Levätaalo”	-	Sähkö: 24 000 Lämpö: 66 375
Yhteensä (kWh)	1 562 400	941 000

Kuten taulukosta 6.8 nähdään, asukasluvultaan pienemmässä VE1:ssa tuotetaan yhteensä enemmän energiaa kuin kookkaammassa VE3:ssa. Molemmissa vaihtoehtoissa hyödynne-



tään aurinkopaneelien tuottamaa sähköenergiaa, mutta muutoin energianlähteet vaihtelevat vaihtoehtojen välillä. Nämä tapaukset antavat osviittaa energiantuotannon mittakaavasta, joka alueella olisi mahdollinen, mutta sen lisäksi seuraavaksi tarkastellaan koko alueen teoreettista energiantuotantopotentiaalia lähemmin vaihtoehtoista riippumatta.

Aurinkoenergian suhteen alue on lähes ihanteellinen, sillä se sijaitsee etelään suuntautuneessa rinteessä. Teoreettisesti arvioiden nykyisen leirintäalueen maapinta-alalle (4 ha) kohdistuu vuosittain ($1\,000\text{ kWh} \times 40\,000\text{ m}^2$) 40 miljoonaa kWh säteilyenergiaa. Energiantuotannossa ei kuitenkaan voida yltää samoihin lukemiin, sillä aurinkokennojen ja aurinkopaneelien hyötysuhteet eivät yllä samaan lukemaan, ja koska kaikkea maapinta-alaa ei voida hyödyntää energiantuotantoon, sillä rakennukset, puut ja maastonmuodot paitsi vievät osansa pinta-alasta, myös varjostavat aluetta. NykYTEknologialla 84 m^2 aurinkopaneelita kattaisi yhden maalämpöpumpulla lämmitettävän matalaenergialuokituksen 150 m^2 kokoisen asuinrakennuksen sähköntarpeen (ks. luku 3.3.3).

Maalämpöpumppujen porakaivoja mahtuisi neljän hehtaarin (neliönmuotoiselle) alueelle 20 metrin välein maksimissaan ($40\,000\text{ m}^2 / 20\text{ m}^2$) 2 000 kappaletta. Jos oletetaan, että jokainen porakaivo täyttäisi yhden asunnon ja neljän ihmisen tarpeet, voisi alueelle sijoittaa 2 000 asuntoa tai asuttaa 8 000 ihmistä. Alue ei kuitenkaan ole symmetrisen muotoinen eivätkä alueen muut rakenteet välttämättä salli kaivojen sijoittelua maksimaalisen tehokkaasti. Vastaan voivat käydä myös kustannukset, jotka kohoavat maaperän epäsuotuisuuden myötä. Vesistöön asennettavat keruuputkistot puolestaan vaatisivat 2 m syvyyttä hyvin lähellä rantaa, mikä ei välttämättä toteudu alueen rannan edustalla, sillä merikarttojen syvyyspisteet alueen ohittavalla veneväylällä, siis kauempana rannasta, vaihtelevat vain 2,5–3 m välillä. Myös joen kuljettama liete sekä verrattain lähellä rantaa kulkevan veneväylän liikenne saattavat koitua haasteeksi. Vesistöön asentaminen edellyttäisi siis tarkempaa paikkakohtaista selvitystä.

Puupolttoaineiden hyödyntäminen on maankäytön kannalta epätehokas ratkaisu, sillä polttoaineen elinkaarta ajateltaessa on huomioitava puun kasvattaminen, sen käsitteleminen, kuljettaminen, varastoiminen ja hyödyntäminen energiaksi. Kaikkiaan koko prosessi vie suuria maa-aloja ja tuottaa kasvihuonekaasupäästöjä, vaikka laskennallisesti puun polttamista pidetään päästöttömänä energianlähteenä. Puupohjaisten polttoaineiden hyötysuhde vaihtelee käyttötavan mukaan, sillä esimerkiksi puupelletit ovat takassa poltettuja halkoja tiiviimpää energiaa. Siksi puupohjaisilla polttoaineilla tuotetun energian maksimikapasiteettia Kokkonniemessä on vaikea arvioida.

Kaukolämpöverkon tuominen Kokkonniemeen olisi Porvoon Energian edustajan (2016) mukaan mahdollista, sillä alue sijaitsee lähellä nykyistä verkostoa. Edellytyksenä olisi omakotitaloaluetta tiiviimpi asuinalue, mutta tarkkoja rajoja verkoston vetämisen kannattavuudelle ei ole (Porvoon Energia 2016). Kaukolämpöverkolla voitaisiin kattaa hyvinkin tiiviin ja tehokkaan asuinalueen koko lämmöntarve. Maakaasuputkistoja ei Kokkonniemen läheisyydessä ole, mutta Porvoon Energia toimittaa maakaasua muualle Porvoon alueilla.

Suuntaa-antavana arviona Kokkonniemen tuulienergiapotentiaalista voidaan hyödyntää Tuuliatlaksen (Ilmatieteenlaitos 2016) tietoja alueen tuulennopeudesta ja sen arviota teollisen mittakaavan tuulivoimalan tuotantomahdollisuuksista. Tuulienergiapotentiaali alueella on nykyteknologian valossa maltillinen, sillä alueen keskimääräinen vuotuinen tuulennopeus on mitattuna 50 m korkeudella maasta noin 5 m/s, vaihdellen noin välillä 4,9–5,2 m/s.



Tammikuun keskimääräiset tuulennopeudet ovat vuoden korkeimmat, yltäen noin välille 6,1–6,4 m/s. Tuulivoimala, jonka korkeus olisi noin 50 m ja teho 3 MW, voisi tuottaa alueella yhteensä noin 3200–3900 MWh (eli noin 3 200 000–3 900 000 kWh) sähköä vuodessa. Tuulisimman kuukauden, tammikuun, aikana voimala tuottaisi noin 460–560 MWh. (Ilmatieteenlaitos 2016.) Alueella voitaisiin siis hyödyntää tuulivoimaa ja potentiaali olisi mahdollista nostaa tehokkaalla voimalalla kattamaan koko alueen energiantuotanto maankäyttösuunnitelmasta riippumatta, mikäli voimala voitaisiin asentaa asutuksen läheisyyteen. Pienemmän mittakaavan tuulivoimaloilla ei tietenkään ylletäisi samoihin lukemiin.

6.2.3 Johtopäätöksiä kulutuksen ja tuotannon kohtaamisesta

Kulutuksen ja tuotannon kohtaamista on syytä tarkastella erityisesti silloin, kun halutaan arvioida mahdollisuutta kehittää alueesta energiaomavarainen. Kokonniemen kohdalla kulutuksen ja tuotannon kohtaamisen vertailu auttaa energiajärjestelmien mitoituksessa alueelle ylipäättään. Kulutuksen ja tuotannon kohtaamista on kuitenkin haastavaa arvioida tarkalleen juuri esimerkiksi puupolttoaineiden arvioinnin hankaluuden vuoksi. Jos laskeetaan yhteen aurinkoenergian ja tuulienergian kokonaispotentiaalit, saadaan lukemaksi noin 43 000 MWh vuodessa. Kuten edellä on todettu, luku on erittäin teoreettinen eikä todellisuudessa tällaiseen lukemaan voitaisi yltää.

Kulutuksen ja tuotannon kohtaamisen arvioinnista tekee hankalaa myös se, että ajallisesti tarjonta ja kysyntä eivät aina kohtaa. Näin on erityisesti tuuli- ja aurinkoenergian kohdalla (ks. luku 3.3.3). Tästä johtuen usean eri energianlähteen hyödyntäminen paikallisesti lienee paras tie omavaraisuutta kohti (kuten useimmissa toteutuneissa järjestelmissä on tehty, ks. tapausesimerkit julkaisussa Motiva 2010). Kulutuksen ja tuotannon kohtaamiseen liittyy myös järjestelmien järkevä mitoittaminen: usein suositellaan tuotantojärjestelmien mitoittamista keskimääräisen kulutuksen mukaisesti huippukulutuksen sijaan. Osa tuotantovoista tarvitaan siis tukimekanismeiksi huippukulutuksen aikoihin.

On selvää, että energiantuotantoa ei Kokonniemen kaltaisessa paikassa voida suunnitella vain kulutuksen ja tuotannon kaltaisten seikkojen perusteella. Myös esimerkiksi maisemalliset vaikutukset on huomioitava. Lisäksi jotkin paikalliset energiantuotantomuodot ovat sijoittelunsa puolesta joustavampia kuin toiset: esimerkiksi aurinkovoima vaatii aurinkoisien paikan, kun taas maalämpöä voidaan tuottaa lähes missä vain (ks. luku 3.3.3). Ratkaisevaa järjestelmien mahdollisuuksissa täyttää kokonaisen asuinalueen ympärivuotiset tarpeet on akkuteknologia ja sen kehitys. Kaikkiaan täydellisen omavaraisuuden arviointi edellyttäisi valtavasti enemmän tietopohjaa kuin tässä diplomityössä voidaan tarjota ja silti epävarmuuksia syntyy monista tekijöistä. Siksi tuotanto on Kokonniemen kaavoituksessa hyvä suunnitella vastaamaan mahdollisimman kirjaviin tarpeisiin ja tulevaisuudenkuviin.

6.3 *Vaihtoehtojen kasvihuonekaasupäästöjen ja ympäristövaikutusten arviointi*

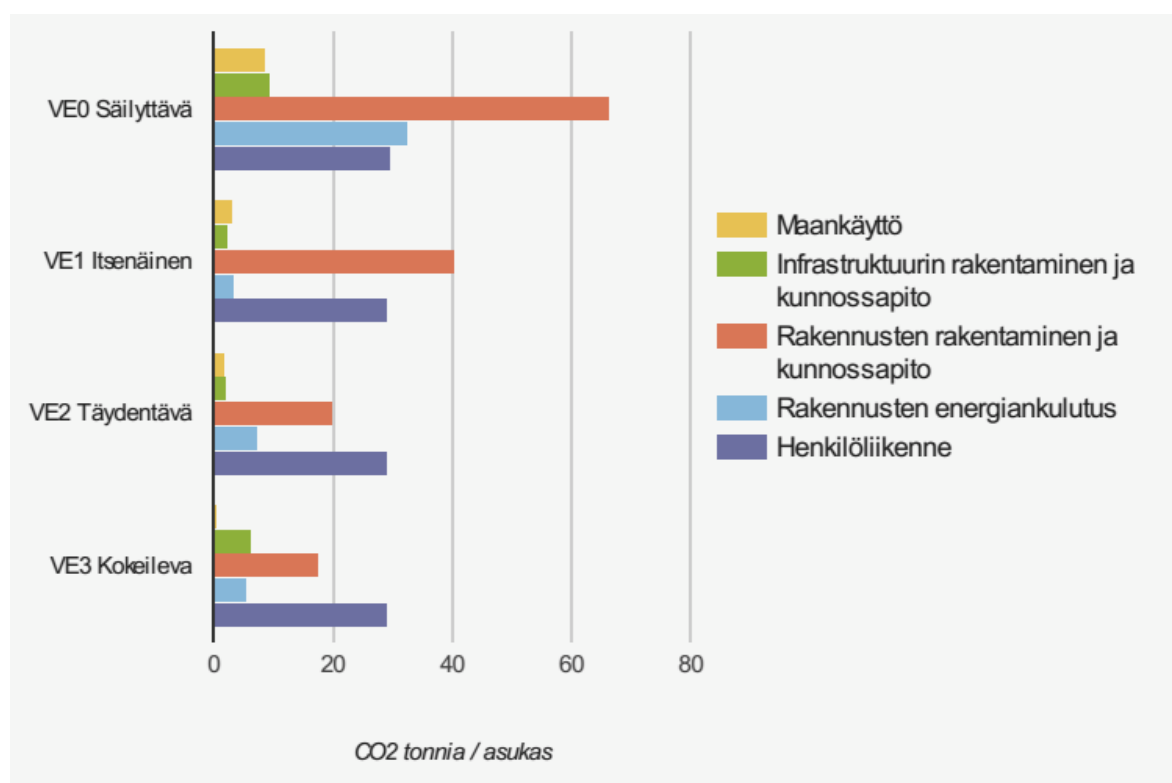
Vaihtoehtoista syntyviä päästöjä ja ympäristövaikutuksia vertailtiin tässä työssä KEKO-työkalun avulla sen selkeän käyttöliittymän ja tutkitun taustan vuoksi. Tämä luku esittelee vertailun keskeisemmät tulokset. Tulosten pohjalta pyritään vetämään johtopäätöksiä siitä, millaisia ratkaisuja olisi syytä hyödyntää myös viitesuunnitelmassa. Työkaluun syötetyt pohjatiedot ovat pääasiassa peräisin Porvoon Energian edustajan haastattelusta (Porvoon Energia 2016) ja Chenin kanssa tekemistämme vaihtoehtoisista maankäyttösuunnitelmista.



Lisäksi tietoja Porvoon yhdyskuntarakenteesta on saatu Porvoon kaupungin yleiskaava-päällikkö Maija-Riitta Kontiolta, jonka tekemän analyysin data oli peräisin LAPIO-palvelun paikkatietoaineistoista sekä Tilastokeskuksen väestö- ja rakennustietokannoista.

KEKO-arvioinnissa muodostettiin arvio kokonaisekotehokkuudesta. Sen perusteella epäedullisin vaihtoehto on VE0, kun taas edullisin on VE3. Kuitenkin myös VE2 on kokonaisekotehokkuudessaan samassa mittaluokassa VE3:n kanssa. Kokonaisekotehokkuutta ajateltaessa on huomattava, että VE3 on mittaluokaltaan täysin eri maailmasta kuin muut vaihtoehdot, ja sen asukastiheys eroaa muista vaihtoehdoista huomattavasti (VE0:n, VE1:n ja VE2:n vaihteluväli 10,81–87,36 as/ha kun taas VE3:n on 212,50 as/ha).

KEKO-arvioinnin mukaan Kokkonniemen asuinalueella syntyvät päästöt asukasta kohden 50 vuoden aikana ovat VE2:ssa (60 CO₂-tonnia) ja VE3:ssa (58,50 CO₂-tonnia) samassa mittaluokassa. Asukasta kohden VE0:n päästöt (146,77 CO₂-tonnia) ovat noin kaksi ja puoli kertaa suuremmat kuin VE3:n ja VE2:n. VE1:n päästöt asukasta kohden ovat 77,90 CO₂-tonnia.



Kuva 6.1. Kasvihuonekaasupäästöt keskimääräistä asukasmäärää kohti, CO₂-tonnia 50 vuoden aikana asukasta kohden.

Kuva 6.1 osoittaa hyvin sen, että päästöissä asukasta kohden korostuvat kaikissa tapauksissa kaksi päästölukkaa: rakennusten rakentaminen ja kunnossapito sekä henkilöliikenne. Odotusten mukaisesti liikenteessä versioiden välillä ei juurikaan ole eroa, mutta kaikissa versioissa liikenteen päästöjen osuus on merkittävä suhteessa muihin päästölähteisiin. Henkilöliikenteeseen ei kuitenkaan Kokkonniemen tapauksessa pidä kiinnittää liikaa huomiota, koska alue on niin pieni, ettei sen sisällä voi tehdä radikaalisti henkilöliikenteeseen vaikuttavia ratkaisuja niin, että vaihtoehtojen välille syntyisi siinä eroja.



Taulukko 6.9. Kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttajien ääripäät kussakin vaihtoehdossa.

	VE0	VE1	VE2	VE3
Vähiten päästöjä	Maankäyttö	Infrastruktuurin rakentaminen ja kunnossapito	Maankäyttö	Maankäyttö
Eniten päästöjä	Rakennusten rakentaminen ja kunnossapito, rakennusten energiankulutus	Rakennusten rakentaminen ja kunnossapito, henkilöliikenne	Henkilöliikenne, rakennusten rakentaminen ja kunnossapito	Henkilöliikenne, rakennusten rakentaminen ja kunnossapito

Kuten taulukosta 6.9 nähdään, on energian kannalta huomattavaa, että rakennusten energiankulutus ylsi päästöiltään korkeimpiin luokkiin vain VE0:ssa. Samaten VE1:n rakennusten energiankulutuksesta syntyvät päästöt ovat kaikista vaihtoehdoista alhaisimmat, joten sen kokonaispäästöjä kohottavat tekijät ovat muualla (rakennusten rakentamisessa), eivät energiankulutuksessa. VE3:ssa maankäytön tehokkuus erottuu edukseen, sillä sen maankäytöstä syntyvät päästöt ovat vertailun pienimmät. Infrastruktuurin rakentaminen on kasvihuonekaasupäästöjen suhteen edullisinta VE1:ssa ja VE2:ssa. Toisaalta rakennusten rakentaminen ja kunnossapito on versioista matalapäästöisintä VE3:ssa. Merkittävä johtopäätös on, että VE0:n ero rakennusten energiankulutuksesta syntyvissä päästöissä suhteessa muihin versioihin on valtava, minkä vuoksi voidaan päätellä, että muutos perinteisistä energianlähteistä kohti matalapäästöisempiä vaihtoehtoja on alueella erittäin perusteltu.

Vertailusta voidaan tehdä se johtopäätös, että VE1:n rakennusten energiankulutuksesta syntyvät päästöt ovat vertailun alhaisimmat, mutta vaihtoehdon ongelmana on matala rakentaminen isolle pinta-alalle. VE1:stä voidaankin oppia, että maalämpöpumppujen tiiviimpi mitoittaminen pihojen kustannuksella voisi tehdä alueesta tehokkaamman, ja että rivitalojen sijaan voisikin olla edullista rakentaa pienkerrostaloja, joille mitoitetaan maalämpöpumppuja ja aurinkopaneeleita saman verran kuin rivitaloille. Tällöin aurinkopaneelien riittävä pinta-ala tulisi varmistaa asentamalla paneeleita muuallekin kuin katoille. Samoin voidaan päätellä päästöistä, jotka syntyvät kerrosalaa kohti, sillä ne ovat suurimmat VE1:ssä, eli toisin sanoen omavarainen rakentaminen tulee päästöiltään kalliiksi.

Rakennusten materiaalikulutus on KEKO-arvioinnin mukaan asukasta kohden VE0:ssa kaksi kertaa isompi kuin VE1:ssä ja jopa kolme kertaa isompi kuin VE3:ssa. VE0:n materiaalikulutus on siis omaa luokkaansa muihin nähden. Kerrosalaa kohden kulutus on samaa mittaluokkaa VE0:ssa ja VE1:ssa, VE2:n ja VE3:n jäädessä noin puoleen tai hieman yli puoleen niiden kulutuksesta. Tästä voidaan päätellä, että kun kerroksia on enemmän kuin kaksi, tapahtuu kulutuksen määrässä kerrosneliötä kohden merkittävä lasku. Näin ollen voidaan vetää johtopäätös, että kerroksia kannattaisi olla vähintään kolme. Uusiutumattomia luonnonvaroja kuluu kaikissa vaihtoehdoissa noin nelinkertaisesti uusiutuviin nähden.

Kun alueen infrastruktuurin materiaalikulutus suhteutetaan asukasmäärään ja kerrosalaan, VE3 kuluttaa materiaaleja moninkertaisesti muihin vaihtoehtoihin nähden. Päästöt aiheutuvat VE3:ssa pääasiassa maan alle louhittavasta energiantuotannon tilasta. Louhiminen ei siis luonnonvarojen kulutuksen kannalta ole tehokasta, vaikka maankäytöllisesti ratkaisu



olisikin sitä. Sen sijaan VE2 erottuu infrastruktuurin materiaalikulutuksessa edullisimpana vaihtoehtona suhteutettuna sekä asukasmäärään että kerrosalaan.

Energiantuotannon kasvihuonekaasupäästöt ovat VE1:ssä vertailun matalimmat, kuten voidaan tarkemmin nähdä taulukosta 6.10. Näin käy vaikka Porvoon kaukolämpö on matalapäästöisyydessään kansallisesti vertaansa vailla puupohjaisen bioenergian ollessa laskennallisesti päästötöntä. Ero muihin vaihtoehtoihin syntyy sähköntuotannosta, sillä aurinkopaneelista ei koidu niiden käyttöaikana päästöjä.

Taulukko 6.10. Kasvihuonekaasupäästöt energiantuotannosta, CO₂-tonnia 50 vuoden aikana.

	VE0		VE1		VE2		VE3	
	yht.	/as	yht.	/as	yht.	/as	yht.	/as
Lämpö	763	19,075	1051	3,0912	2	0,0026	3	0,0022
Sähkö	504	12,6	0	0	5192	6,832	6993	5,142
Yhteensä	1267	31,675	1051	3,0912	5194	6,834	6996	5,144

Taulukosta 6.10 on jätetty pois KEKO-arvioinnin edellyttämä aihepiiri jäähdytys, koska jäähdytykseen ei ole tässä työssä otettu kantaa. Asukasta kohden syntyneet päästöt on laskettu itse, koska KEKO ei lukuja suoraan ilmoittanut. Tuloksissa on epäselvää se, mistä VE1:n lämpöenergian päästöt syntyvät, sillä ilmalämpöpumppujen sähköntarve on mitoitettu katettavaksi aurinkosähköllä, toisin sanoen päästöttömästi. On mahdollista, että KEKO-työkalu huomioi esimerkiksi porakaivojen porauksesta syntyvät päästöt tai olettaa kulutuspiikkeihin osuvan korkeamman sähkönkulutuksen tuottavan runsaasti päästöjä.

VE2:n ja VE3:n välisestä erosta energiantuotannon kasvihuonekaasupäästöissä asukasta kohden voidaan päätellä eräs vertailun keskeisin tulos: paikallisten sähköntuotantotapojen sijoittamisella kaukolämpöverkossa olevalle alueelle voidaan vähentää energiantuotannon päästöjä. Niinpä tällainen ratkaisu olisi kannatettava myös viitesuunnitelmalle siinä tapauksessa, että VE1:n kaltaiseen omavaraisuusratkaisuun ei pyritä. VE3:n matalampiin päästöihin vaikuttavat toki muutkin tekijät, kuten alueen tiiviimpi rakenne.

Tässä luvussa esiteltiin vain osa KEKO-arvioinnin tuloksista. Käsittelemättä jäivät esimerkiksi päästöjen kumuloituminen 50 vuoden aikana erilaisten päästökertoimien mukaisesti sekä luontovaikutukset. Syynä tähän ovat heikkoudet KEKO-työkalun tuottamassa arviointiraportissa, sillä näiden aihepiirien osalta sitä on hyvin hankala tulkita.

KEKO-työkaluun syötettyihin lähtötietoihin liittyy monia yksityiskohtia, jotka tuovat epävarmuutta työkalun tuloksiin. Esimerkiksi alueella olevat leirintäalueen huoltorakennukset on luokiteltu työkalussa palvelurakennuksiksi, vaikka niiden kesäkauteen painottuva energiankulutus tuskin vastaa keskimääräisen palvelurakennuksen tasoa. Kuitenkaan tarkempia lukuja ei ole tiedossa. VE2:n pinta-alaa laskettaessa on myös jätetty pois alue, jolle ei ole suunniteltu kehittämistä, jotta laskuissa voisi olla mahdollisimman tarkka. Tämän vuoksi alueen yhdyskuntarakenteelliset edut eivät pääse hyvin esille tuloksissa. Työkalun talotyyppien luokittelu ei tunne kaupunkivilloja tai townhouse-tyyppisiä taloja, joten ne on luokiteltu lähtötiedoissa kolmikerroksisiksi rivitaloiksi. Etätyöskentelyä ei ole huomioitu



luotujen työpaikkojen määrissä ja oletuksena on, että leirintäalueen työpaikat muodostavat yhteensä yhden henkilötyövuoden eli yhden ympärivuotisen työpaikan.

6.4 Arviointitaulukot ja intressianalyysi Kokonniemestä

Kokonniemen kaltaisen monimuotoisen alueen kohdalla on tärkeää muodostaa kokonaiskäsitys eri vaikutuksista, joita vaihtoehtoiset maankäyttösuunnitelmat synnyttäisivät, sekä toisaalta tukea päätöksentekoa ja mielipiteenmuodostusta kooten yhteen eri näkökulmia. Tässä luvussa kokonaiskäsitystä hahmotetaan alaluvuissa 6.4.1 ja 6.4.2. Eri näkökulmiin pureudutaan alaluvussa 6.4.3.

6.4.1 Vaikutuslista

Vaikutuslistassa (taulukko 6.11) kootaan muistilistanomaisesti arviointikohteita Kokonniemessä. Taulukko perustuu ympäristöministeriön (2006, 35) ehdotukseen kaavakohtaisesta vaikutuslistan laadinnasta, jonka lähtökohtana on MRA 1 §. Listausta on kohdennettu Kokonniemeen sopivammaksi jättämällä pois vaikutukset aluerakenteeseen ja yhdyskuntatalouteen sekä valitsemalla mukaan Kokonniemen kannalta olennaisia aihepiirejä. Arvioinnin asteikkona on (-), (0) ja (+) ja se perustuu pintapuoliseen arviointiin, joka on yhden henkilön tekemänä subjektiivinen. Arvioinnin tekemiseksi ei ole suoritettu esimerkiksi mittauksia, vaan analyysin pohjana on työn alkupuolella esitelty kirjallisuus. Poikkeuksen muodostavat teemat 'vaikutukset energiatalouteen' sekä 'vaikutukset luontoon ja luonnonvaroihin', joissa tähdellä (*) merkityt vaikutukset perustuvat KEKO-arviointiin.

Taulukon ja sen arviointien on tarkoitus toimia suuntaa-antavana johdatuksena siihen, millaiset vaikutukset olisi Kokonniemessä syytä ottaa tarkempaan tarkasteluun. Taulukkoa ei siis voida käyttää vertailemaan esimerkiksi sitä, mikä vaihtoehto saa määrällisesti eniten tai vähiten (+) tai (-) -merkintöjä. Paldanius ja muut (2006, 34) kirjoittavat: "Vaikutuslista on arviointia systematisoiva luettelo tarkasteltavista vaikutuksista. Vaikutuslistan käyttö arvioinnin eri vaiheissa koko kaavaprosessin ajan auttaa jäsentämään arviointia sekä kaavasta ja sen vaikutuksista käytävää keskustelua. Vaikutuslista varmistaa arvioinnin kattavuutta ja suuntaa sitä merkittäviin vaikutuksiin." Vaikutuslista voi toimia myös vaikutusten tunnistamisen tukena (Paldanius et al. 2006, 24).



Taulukko 6.11. Vaikutuslista Kokonniemeen. Tähdellä (*) merkityt vaikutukset perustuvat KEKO-arvioinnin tuloksiin.

	VE0	VE1	VE2	VE3
Vaikutukset yhdyskuntarakenteeseen				
Väestö	0	+	+	+
Alueen sisäinen rakenteen eheys	+	+	+	+
Alueen linkittyminen muuhun yhdyskuntarakenteeseen	+	+	-	-
Vaikutukset liikenteeseen				
Kevyen liikenteen edistäminen	0	+	+	+
Joukkoliikenteen edellytysten edistäminen	0	0	+	+
Yksityisautoilun vähentäminen	-	+	+	+
Vaikutukset energiatalouteen				
Energiatehokkuus*	+	+	+	+
Paikallisten energiantuotantomahdollisuuksien luominen	0	+	0	+
Energiaomavaraisuuden aste	-	+	-	+
Energiantuotannon kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen*	-	+	0	+
Vaikutukset luontoon ja luonnonvaroihin				
Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen*	-	+	+	+
Rakennusten materiaalinkulutus*	+	0	+	+
Infrastruktuurin materiaalinkulutus*	0	+	+	-
Vaikutukset maisemaan, kaupunkikuvaan, kulttuuriperintöön ja rakennettuun ympäristöön				
Kulttuurimaiseman vaaliminen	+	+	-	-
Kaupunkikuvan eheys	+	+	-	-
Vaikutukset ihmisten elinoloihin ja elinympäristöön				
Alueen identiteetti	0	+	+	-
Toiminnallisuus (liikkuminen, palvelut, virkistys)	0	+	+	+
Terveys	0	0	0	-
Muut vaikutukset				
Työpaikkojen syntyminen	-	0	+	+



Vaikutuslistaa tarkastelemalla ja tutkimuskysymykset mielessä pitäen kiinnostaviksi vaikutusteemoiksi muodostuvat vaikutukset energiatalouteen, vaikutukset luontoon ja luonnonvaroihin sekä vaikutukset maisemaan, kaupunkikuvaan, kulttuuriperintöön ja rakennettuun ympäristöön. Siksi niiden lähempi tarkastelu on tarpeen.

6.4.2 Arviointitaulukko

Vaikutuslistan perusteella on luotu seuraavat arviointitaulukot, joissa arviointi kohdentuu vaikutuslistan ja tämän diplomityön tutkimuskysymysten perusteella merkittäviksi määrittyvien vaikutusten tarkasteluun. Arviointi tapahtuu sanallisessa muodossa, selventäen samalla vaikutuslistan suppeita merkintöjä. Arviointitaulukoita ja vaikutuslistaa kannattaakin siksi lukea rinnakkain.

Arviointitaulukoissa yhdistellään sekä KEKO-arvioinnin tuloksia että vaihtoehtojen subjektiivista arviointia. Siksi arviointi ei ole täysin arvovapaata, vaan siinä näkyvät myös arvioinnin tehneen henkilökohtaiset arvot ja näkemykset. Tämä on vaikutusten arvioinnissa yleinen haaste, sillä ”inhimillinen tieto on aina tulkittua tietoa” (Leskinen et al. 1991, 2). Siten taulukon sisältö voisi olla hyvinkin erilainen, jos sen laatimisesta olisi ollut vastuussa toinen henkilö.



Taulukko 6.12. Arviointitaulukko energiatilouteen kohdistuvista vaikutuksista. Tähdellä (*) merkityt vaikutukset perustuvat KEKO-arvioinnin tuloksiin.

	VE0	VE1	VE2	VE3
Energiatehokkuus *	Vanhon rakennuksen hyödyntäminen ja niiden korjaaminen energiatehokkaammiksi tekevät alueesta hieman tehokkaamman, kuin naapurialue Uddas.	Matalaenergiatalojen suosiminen, oma matalapäästöinen energiantuotanto, sekä monet yksityiskohdat rakenteessa, kuten pienet huoneistoalat ja jaetut tilat, vähentävät rakennuksen energiankulutusta. Kevyt liikenne priorisoidaan autoilun edelle.	Rakenne suosii kaukolämpöä ja matalaenergiataloja sekä priorisoi kevyen liikenteen autoilun kustannuksella ja parantaa siten energiatehokkuutta. Lisäksi monet pienet ratkaisut, kuten pienet huoneistoalat ja jaetut tilat sekä täydennysrakentaminen tukevat energiatehokkuutta.	Energiatehokkuutta edistetään tiiviillä rakenteella, omalla matalapäästöisellä energiantuotannolla, kevyen liikenteen priorisoinnilla sekä monilla rakenteen yksityiskohdilla kuten pienillä huoneistoaloilla ja yhteistilojen järjestämisellä.
Paikallisten energiantuotantomahdollisuuksien luominen	Alueen rakennetta ei ole suunniteltu mahdollistamaan paikallista energiantuotantoa, mutta alueelle voi siitä huolimatta mahtua esimerkiksi joitakin maalämpöpumppuja.	Alue on mitoitettu aurinkoenergian ja maalämpöpumppujen tarpeiden mukaisesti, joten tuotantomahdollisuudet ovat optimaaliset.	Alueen rakenne on mitoitettu mahdollistamaan kaukolämmön tuotanto, joten paikallista energiantuotantoa ei välttämättä saada mahtumaan alueelle sen tiiviyn vuoksi, lukuunottamatta aurinkopaneeleita tai -keräimiä.	Alueelle on mitoitettu mahtumaan paikallista energiantuotantoa, mutta tiivis rakenne sulkee pois tuotannon muotoja alueen sisällä.
Energiaomavaraisuuden aste	Alue on riippuvainen muualla tuotetusta energiasta.	Tämän työn teoreettisten puitteiden sisällä alue on energiaomavarainen.	Alue on riippuvainen muualla tuotetusta energiasta.	Alue tuottaa osan kulutetusta energiasta itse, mutta on riippuvainen muualla tuotetusta energiasta.
Energiantuotannon kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen *	Tuotannon päästöjä vähentämään ei ole suunniteltu ratkaisuja. Energiantuotanto kullekin asukkaalle tuottaa päästöjä 31,675 CO ₂ -tonnia 50 vuodessa, mikä on muihin vaihtoehtoihin nähden moninkertainen lukema.	Alueelle on valittu matalapäästöiset tuotantomuodot. Energiantuotanto kullekin asukkaalle tuottaa päästöjä 3,0912 CO ₂ -tonnia 50 vuodessa, mikä on vertailun pienin lukema.	Alueelle on valittu Porvoossa yleisesti käytössä oleva matalapäästöinen lämmitysmuoto, mutta sähköntuotannon päästöt eivät ole erityisen alhaiset. Energiantuotanto kullekin asukkaalle tuottaa päästöjä 6,834 CO ₂ -tonnia 50 vuodessa. Lukema on vertailun toiseksi suurin.	Alueelle on valittu matalapäästöisiä tuotantomuotoja, mutta kaikkea kysyntää ei saada paikallisesti tyydytettyä. Energiantuotanto kullekin asukkaalle tuottaa päästöjä 5,144 CO ₂ -tonnia 50 vuodessa. Lukema on vertailun toiseksi pienin.



Taulukko 6.13. Arviointitaulukko luontoon ja luonnonvaroihin kohdistuvista vaikutuksista. Tähdellä (*) merkityt vaikutukset perustuvat KEKO-arvioinnin tuloksiin.

	VE1	VE2	VE3	VE4
Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen *	Päästöt (146,77 CO ₂ -tonnia) asukasta kohden 50 vuodessa lähes kolme kertaa suuremmat kuin VE3:ssa. Ks. kohta energiatehokkuus.	Päästöjä (77,90 CO ₂ -tonnia asukasta kohden 50 vuodessa) syntyy enemmän kuin tiiviimmissä vaihtoehtoisissa VE2 ja VE3. Ks. kohta energiatehokkuus.	Kasvihuonekaasupäästöjä (60 CO ₂ -tonnia asukasta kohden 50 vuodessa) tuotetaan vertailun toiseksi vähiten. Ks. kohta energiatehokkuus.	Vertailun pienimmät päästöt (58,50 CO ₂ -tonnia asukasta kohden 50 vuodessa). Ks. kohta energiatehokkuus.
Rakennusten materiaalinkulutus *	Vertailun korkein materiaalinkulutus (197, CO ₂ -tonnia /asukas). Kulutus noin kolme kertaa suurempi kuin VE3:ssa.	Vertailun toiseksi korkein materiaalinkulutus (91,35 CO ₂ -tonnia /asukas).	Vertailun toiseksi matalin materiaalinkulutus (52,81 CO ₂ -tonnia /asukas).	Vertailun matalin materiaalinkulutus (40,02 CO ₂ -tonnia /asukas).
Infrastruktuurin materiaalinkulutus *	Vertailun toiseksi korkein materiaalinkulutus (47,48 CO ₂ -tonnia / asukas).	Vertailun toiseksi matalin materiaalinkulutus (19,62 CO ₂ -tonnia / asukas).	Vertailun matalin materiaalinkulutus (17,82 CO ₂ -tonnia / asukas).	Vertailun korkein materiaalinkulutus (82,67 CO ₂ -tonnia / asukas), joka aiheutuu maan alle louhituista energiantuotantotiloista.



Taulukko 6.14. Arviointitaulukko vaikutuksista, jotka kohdistuvat maisemaan, kaupunkikuvaan, kulttuuriperintöön ja rakennettuun ympäristöön.

	VE0	VE1	VE2	VE3
Kulttuurimaisen vaaliminen	Vähäinen ja matala rakentaminen sulautuu maisemaan hyvin. Vanhat rakennukset sopivat alueen nykyiseen tyyliin. Vaikutukset maisemaan paikallisia. Rakentamista yhteensä 2,4 hehtaarille, mikä on vertailun pienin ala.	Rakennuksia tulee suurelle maa-alalle, mutta niiden mataluus pitää maisemavaikutukset maltillisempina kuin korkea rakentaminen. Vaikutukset maisemaan paikallisia. Rakentamista yhteensä 4,7 hehtaarille, mikä on vertailun toiseksi suurin ala.	Rakennuksia tulee suurelle alalle ja ne ovat paikoitellen korkeita, joten niiden vaikutus maisemaan on merkittävämpi kuin VE0:ssa ja VE1:ssa. Vaikutukset maisemaan paikallisia. Rakentamista yhteensä 5,7 hehtaarille, mikä on vertailun suurin ala.	Rakennuksia tulee tiiviille alalle, mutta ne ovat korkeita, joten niiden vaikutus maisemaan ulottuu Porvoon keskustan suuntaan sekä merelle ja esim. vastapäiseen Sikosaareen. Rakentamista yhteensä kolmelle hehtaarille, mikä on vertailun toiseksi pienin ala.
Kaupunkikuvan eheys	Vanhat rakennukset sopivat hienosti nykyiseen Uddakseen.	Rakentamisen mittakaava sopii alueelle hyvin, mutta alueesta tulee modernimman näköinen kuin viereisestä Uddaksesta.	Rakentaminen on kaupunkimaisempaa kuin viereisessä Uddaksessa.	Korkea ja moderni rakentaminen on suuri kontrasti olemassaolevalle.

Arviointitaulukoista havaitaan, että näistä näkökulmista tarkasteltuna keskeisimmät ongelmat vaihtoehtoissa liittyvät niiden mittakaavaan. VE0 on mataline tehokkuuslukuineen ekotehottomin, mutta toisaalta nykyrakenteeseen saumattomimmin ja huomaamattomimmin solahtava vaihtoehto. Myös VE1 on väljä suunnitelma, mutta se toisaalta sallii moduulisuudessaan alueen muokkaamisen parhaaksi katsottuun suuntaan. VE2 on jo varsin kaupunkimainen ja siksi ympäröivästä alueesta poikkeava, mutta toisaalta majoittaisi alueelle VE0:ta ja VE1:ta tiiviimmin ja siten ekotehokkaammin ihmisiä, jotka mahdollisesti pitäisi asuttaa kunnan alueelle muutenkin. VE3 puolestaan on mittakaavaltaan niin valtava, että sen vaikutukset alueen erityiseen maisemaan ja kulttuuriympäristöön ovat suuret, mutta toisaalta sekin täyttäisi asuinrakentamisen tarpeita tehokkaammin kuin VE0 ja VE1. Tiiviiden vaihtoehtojen voidaan siis ajatella säästävän ympäristöä muualla siten, että maata säästyy muualla kun Kokonniemeen asutetaan suurempi asukasmäärä, kun taas väljien vaihtoehtojen voidaan ajatella Kokonniemen tapauksessa säästävän tärkeää virkistysaluetta paikallisesti tämän kuluessa pienien käyttäjämäärien myötä vähemmän. Toisaalta tiivis vaihtoehto jättää rakentamatta myös paikallisesti suuremman alueen kuin väljä, vaikka tiiviiden vaihtoehtojen asukkaat kuluttaisivat virkistysaluetta paikallisesti enemmän kuin väljien asukkaat.

Pinta-alat, jotka käytetään rakentamiseen, vaihtelevat vaihtoehtoissa suuresti, joten niihin on kiinnitettävä lähemmin huomiota. VE0:ssa rakentamiseen kuluu vertailun pienin alue. VE1 on muutoin pienen mittakaavan alue, paitsi että se levittäytyy toiseksi laajimmalle alueelle. VE2 on kaupunkimaisempi kuin VE0 ja VE1, mutta sen rakennusala on vertailun suurin johtuen osin Uddakseen ulottuvasta täydennysrakentamisesta. VE3 taas on kaikin puolin massiivinen, mutta rakentamiseen käytettävä ala onkin vertailun toiseksi pienin.



6.4.3 Intressianalyysi

Näkökulmia, joiden perusteella valinta vaihtoehtojen välillä voitaisiin tehdä, listataan seuraavassa taulukossa. Numerot osoittavat paremmuusjärjestyksen, jossa vaihtoehdot kannattaisi kyseistä näkökulmaa painotettaessa valita. Näin pyritään osoittamaan näkökulmien kirjo sekä helpottamaan valinnan tekemistä (ks. menetelmän kuvaus tarkemmin luvussa 4). Intressianalyysin tulokset ovat riippuvaisia siitä, millaisia näkökulmia analyysiin tulee valituksi, joten analyysi ei siten ole puhtaan objektiivinen.

Taulukko 6.15. Intressianalyysi Kokonniemestä.

Näkökulma	VE0	VE1	VE2	VE3
"On syytä valita vaihtoehto, josta koituu pienimmät kasvihuonekaasupäästöt asukasta kohden."	4	3	2	1
"On syytä valita vaihtoehto, joka yltää mahdollisimman lähelle energiaomavaraisuutta."	3	1	4	2
"On syytä valita vaihtoehto, joka on helppo muuntaa täysin energiaomavaraiseksi."	1	-	2	3
"On syytä valita vaihtoehto, joka kannustaa kestävään elämäntapaan."	4	1	2	3
"On syytä valita vaihtoehto, joka kannustaa yhteisöllisyyteen."	4	1	2	3
"On syytä valita vaihtoehto, joka sopii nykyisen Uddaksen kanssa mahdollisimman saumattomasti yhteen."	1	2	3	4
"On syytä valita vaihtoehto, joka pienentää Kokonniemen virkistysaluetta mahdollisimman vähän."	1	3	4	2
"On syytä valita vaihtoehto, joka ei tuo liiallista kävijäryntäystä Kokonniemen virkistysalueelle."	1	2	3	4
"On syytä valita vaihtoehto, joka tuo Kokonniemen virkistysalueille mahdollisimman paljon elämää ja käyttäjiä."	4	3	2	1
"On syytä valita vaihtoehto, joka käyttää keskustan läheisen alueen rakennuspotentialin mahdollisimman tiiviisti."	4	3	2	1
"On syytä valita vaihtoehto, joka houkuttaa mahdollisimman vakavaraista veronmaksajia."	3	2	4	1
"On syytä valita vaihtoehto, joka vauhdittaa Porvoon teknologista innovatiivisuutta ja edistystä."	3-4	2	3-4	1

Taulukko 6.15 konkretisoi osaltaan valintoja, joiden on vaihtoehtojen välillä viitesuunnitelmaa tehtäessä oltava selvillä: valitako minimaalinen vai maksimaalinen kehityssuunta, tehdäkö energiaomavaraista vai ei ja pyrkiäkö mahdollisimman suuren virkistysalueen säilymiseen vai ei. Halutaanko mahdollisesti näiden valintojen välillä jonkinlainen kompromissi? Kaikkiaan vaihtoehdot asettuvat numeeriselle janelle järjestykseen usein kokonsa tai muun ääriominaisuutensa perusteella.



Intressianalyysin perusteella VE0 näyttäytyy vaihtoehtona, jonka pienuus ja eräänlainen huomaamattomuus ovat maankäyttösuunnitelman etuja. Vaihtoehto voisi olla resurssiviisas ajatellen vanhojen rakennusten siirtämistä, mutta toisaalta vaihtoehto tuottaa suurimmat kasvihuonekaasupäästöt henkeä kohden. Väljyys ja pienuus jättää kuitenkin tulevaisuuteen jouston varaa: energiaomavaraisuuteen voitaisiin vielä pyrkiä jos niin haluttaisiin ja rakentamisen keskittyminen nykyisen Uddaksen viereen jättää mahdollisuuden alueen jatkamiselle itään.

VE1 vaikuttaa intressianalyysissä olevan hyvä vaihtoehto, jos Kokkonniemeä halutaan viedä omavaraisuuteen ja yhteisöllisyyteen panostavaan suuntaan. Alueen rakentamiskorkeus on maltillinen, joten se pitää Uddaksen kylämäisenä ja Kokkonniemen virkistysalueen aktiivisemmassa käytössä tuomatta kuitenkaan kävijäryntäystä. Vaihtoehto edistää energiaratkaisuineen myös Porvoon energiaviisautta ja mahdollistaa uusien teknisten ratkaisujen kokeilemisen sekä luo pohjaa alan liiketoiminnan kasvulle.

Kaupunkimaisempi VE2 on intressianalyysin ”ikuinen kakkonen”, sillä paremmuusjärjestyksissä sen ominaisuudet eivät yletä minkään kriteerin kohdalla parhaaksi tai huonoimmaksi. Tässä voikin toisaalta olla vaihtoehdon vahvuus. Sillä on esimerkiksi pienemmät kasvihuonekaasupäästöt asukasta kohden kuin VE0:lla ja VE1:lla, mutta se ei kuitenkaan ole mittaluokassaan yhtä valtava kuin VE3. Vaihtoehto kannustaa yhteistiloineen yhteisölliseen elämäntapaan ja toisaalta hyödyntää hyvin rakennuspotentiaalin keskustan läheisyydessä.

VE3 on VE0:n tavoin toinen ääripää. Sen vahvuus on intressianalyysin perusteella matalapäästöisyydessä ja vilinän tuomisessa alueelle. Vaihtoehto saattaa merinäköaloineen houkutella vakavaraaisia veronmaksajia ja kokeilu-teemaisena vetää puoleensa myös uusien teknologioiden kehittämis- ja kokeilutoimintaa. Vaihtoehto voi kuitenkin olla mittakaavassaan liian massiivinen ottaen huomioon alueen lähiympäristön.





7 JOHTOPÄÄTÖKSET



7 Johtopäätökset

Tämän diplomityön tarkoituksena oli tarkastella asuinalueen suunnittelua Porvoon Kokonniemeen matalapäästöisesti ja uusiutuvaa energiaa alueella tuottaen. Porvoon kaupunki on pyrkinyt kohti energiaviisautta jo monien vuosien ajan. Seuraavia mahdollisia askeleita kohti energiaviisautta olisivat paikallisen energiantuotannon ujutaminen kaupunkirakenteeseen, sähköntuotannon päästöjen alentaminen sekä aidosti päästöttömän kaukolämmön kehittäminen. Tässä työssä koetettiin sisällyttää näitä haasteita asuinalueen kaavoitusprosessiin, jotta kehityskohdat olisivat läsnä alueen kehittämisen alusta asti. Tässä luvussa vastataan johdannossa esitettyihin tutkimuskysymyksiin alaluvussa 7.1, esitellään tuloksien perusteella kehitetty viitesuunnitelma alaluvussa 7.2, tunnistetaan tutkimuksen epävarmuuksia ja jatkotutkimuksen tarpeita alaluvussa 7.3 ja esitetään loppupäätelmät viimeisessä alaluvussa 7.4.

7.1 *Analyysistä viitesuunnitelmaan*

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin erilaisia tapoja lähestyä paikallista energiantuotantoa sekä vertailtiin energiaa tuottavia alueita muualla tuotetusta energiasta riippuvaisiin alueisiin. Omavaraisuuden huomattiin aiheuttavan alueelle rajoitteita liittyen mm. kapasiteettiin asuttaa suurempia ihmismääriä. Paikallisen, päästöttömän sähköntuotannon huomattiin olevan selkeä tapa madaltaa alueen päästöjä. Näiden huomioiden vuoksi sähköntuotannon tuominen kaukolämpöalueelle vaikutti analyysin perusteella hyvältä ratkaisulta ja sen vuoksi ratkaisu otettiin mukaan viitesuunnitelmaan. Ratkaisua tukee myös se, että vaikka sähköntuotannossa ei yllettäisi alueella omavaraisuuteen, voivat loput asukkaat itse päättää ulkopuolelta ostamansa sähkön tuotantotavasta, sillä esimerkiksi Porvoon energia myy ekoserifioitua sähköä.

Nykytilannetta edustava vaihtoehto (VE0) oli energiankulutuksen suhteen selvästi huonompi kuin tiiviimmät vaihtoehdot. Tuloksissa korostuikin, että muutos perinteisistä energianlähteistä kohti matalapäästöisemmiksi on ehdottomasti perusteltu. KEKO-arvioinnissa tiiviisti rakennetut vaihtoehdot menestyivät matalapäästöisyytensä ansiosta ja väljemmät alueet pärjäsivät huonommin niin, että asukasta kohden syntyvien kasvihuonekaasupäästöjen suhteen vaihtoehdot asettuivat paremmuusjärjestykseen tiiviiden perusteella. Tiivistämisen ohella pitäisi kuitenkin päästä myös vaikuttamaan asukkaiden elämäntapoihin, mihin kirjallisuudessa suositeltiin puuttumaan tukemalla alueen elämyksellisyyttä ja viihtyisyyttä. Tällaisia ratkaisuja ovat esimerkiksi hyvät virkistysalueet sekä kaupunkiviljely. Kokonniemessä olosuhteet ovat molempiin erinomaiset, joten viitesuunnitelmaan sisällytettiin vastaavia elementtejä.

Vaihtoehtoja vertailtaessa havaittiin joitakin kehityskohtia, joita parantamalla viitesuunnitelmasta voisi tulla vaihtoehtoisia maankäyttösuunnitelmia tarkoituksenmukaisempi. Esimerkiksi maalämpöpumppujen porakaivojen tiiviimpi mitoittaminen pihojen kustannuksella voisi tehdä alueesta tehokkaamman, mikä olisi sopiva ratkaisu silloin, jos halutaan pyrkiä tiiviimpään rakenteeseen. Myös rivitalojen sijaan voisi olla viisasta rakentaa pienkerrostaloja, joille mitoitetaan saman verran maalämpöpumppuja ja aurinkopaneeleita kuin VE1:n rivitaloille. Tällöin aurinkopaneelien riittävä pinta-ala tulisi varmistaa asentamalla paneeleita muuallekin kuin katoille.



VE3:ssa ehdotetun pien-CHP -laitoksen kallioon louhiminen osoittautui luonnonvarojen kulutuksen ja rakentamisen synnyttämien kasvihuonekaasupäästöjen vuoksi epäedulliseksi ratkaisuksi, vaikka maankäytöllisesti ajatus onkin järkevä. Maanalaisuus tuo kuitenkin jouston varaa alueen ja energiantuotantomuotojen kehittymiseen, joten varaus haluttiin ottaa mukaan myös viitesuunnitelmaan. Varaus voikin toteutua esimerkiksi porakaivoina toteutettuna lämpöenergiavarastona, jolloin louhimiseen ei tarvitsisi ryhtyä.

Taulukko 7.1. Analyysin perusteella tiivistetyt vaihtoehtojen ominaispiirteet.

VE0	VE1	VE2	VE3
Pienuus, huomaamattomuus, kierrätysmateriaalit, suurimmat päästöt, tulevaisuuden jouston vara, huonosti skenaarioyhteensopiva	omavaraisuus, yhteisöllisyys, matala, kylmäinen, energiaviisauden edistäminen, tukee skenaarioiden toteutumista erinomaisesti	ikuinen kakkonen, ei paras tai huonoin, tiiviytensä vuoksi tehokas mutta mittakaavaltaan sopivampi kuin VE3, matalat päästöt, rakennuspotentialin hyödyns, sopii skenaarioihin jotenkuten	matalapäästöisyys, vilinä, kokeiluteeman veto-voima, massiivinen, energiaviisauden edistäminen, tukee skenaarioiden toteutumista.

Vaihtoehtojen vaikutuksia pohdittaessa on pidettävä mielessä, että alue on niin pieni, että sen rakentamisesta syntyvät vaikutukset eivät yllä valtaviin mittasuhteisiin. Mielikuvissa vaikutukset sen sijaan voivat olla merkittävämpiäkin: kunnianhimoiset energiatavoitteet voivat suunnata muiden alueiden suunnittelua ja vetää puoleensa esim. liiketoimintaa. Kokkonniemen energiatehokkuuden ja energiantuotannon voidaan siis ajatella olevan investointi asukkaiden ja yritysten houkuttelemiseksi sekä käytäntöjen muuttamiseksi.

Tutkimuskysymykseen vaihtoehtojen maankäyttösuunnitelmien ominaispiirteiden (ks. taulukko 7.1) soveltuvuudesta viitesuunnitelmaan tavoitteiden saavuttamiseksi vastataan seuraavaksi perustelemalla tehtyä valintaa. Viitesuunnitelmassa päädyttiin analyysin johdosta käyttämään rakenteen pohjana VE2:ta ja energiantuotannon mallina VE3:ta. Perusteina valinnalle ovat Porvoon kaupungin toivomus, että alueesta ei muotoutuisi väljää omakotitaloaluetta, arvioinnin tulos VE2:n rakenteen energiatehokkuudesta, sekä VE2:n korostuminen vertailuiden ”ikuisena kakkosena” eli ääripäättömänä ja sikäli turvallisena vaihtoehtona. Suuren asukasluokunsa ja rakenteen tiiviyden vuoksi VE2 ei kuitenkaan sovellu energiaomavaraisuuteen pyrkimiseen niillä keinoin, joita VE1:ssä esitettiin. Se menestyi kuitenkin erinomaisesti kokonaisekotehokkuusvertailussa ollen siinä toiseksi paras vaihtoehto massiivisen VE3:n jälkeen. Siksi on syytä tukeutua hybridi-malliin, kuten VE3:ssa: lämmitysjärjestelmä perustuu kaukolämpöön ja sähköntuotannosta mahdollisimman suuri osa järjestetään paikallisesti. Lisäksi kiinnitetään huomiota siihen, että kaavaan jätetään tilavarauksia ja jouston varaa myös sellaisille energiantuotantomuodoille, jotka saattavat tulevaisuudessa olla kilpailukykyisiä tuotantomuotoja, vaikeivät sellaiseksi vielä olisikaan kehittyneet. Viitesuunnitelmaan jätettiin siksi tilaa joillekin maalämpöpumppujen porakaivoille sekä varaus yhdelle tuulivoimalalle ja maanalaiselle energiantuotanto- tai varastointialueelle, joka soveltuisi pien-CHP -laitoksen energiantuotantoon, lämpöenergian ottamiseen lämpöpumppujen porakaivoilla tai lämpöenergian varastoimiseen porakaivoihin. Näin viitesuunnitelma vastaisi erilaisten energiatulevaisuuksien tarpeisiin toimien kuitenkin lähitulevaisuudessa hyvänä asuinalueena.

Analyysin lopputulema oli, että matalapäästöistä rakennetta ja energiantuotantojärjestelmää tavoiteltaessa päädyttiin painottamaan VE2:n ja VE3:n ominaisuuksia viitesuunnitel-



massa. Joku muu vertailun tekijä olisi joillain muilla perusteilla, kuten intressianalyysi luvussa 6.4.3 konkretisoi, voinut valita viitesuunnitelman perusteet toisin. Vertailun jälkeinen valinta ei voi perustua vain tieteelliseen paremmuuteen, koska sellaista ei yksiselitteisesti ole olemassa, kun tarkastellaan yhteiskuntapoliittisesti mutkikasta hanketta. Siksi on valittava jokin tärkeiksi kokemiensa perusteiden avulla. Vertailua voisi kritisoida epätas- mälliseksi tai suurpiirteiseksi, ja sellainen se toki onkin, vaikka vertailuun sisältyikin myös numeerisempi KEKO-tarkastelu. Kuitenkin kuten taloustieteilijä K. William Kapp on sa- nonut Leskisen (1987, 156) mukaan, on ”parempi saada epätas- mällisiä ja likimääräisiä vastauksia oikeisiin kysymyksiin, kuin tarkkoja vastauksia väärin kysymyksiin”.

Tässä tutkimuksessa hyväksi havaittujen käytäntöjen seuraaminen suunnittelussa päästöjen madaltamiseksi ja paikallisen energiantuotannon lisäämiseksi tuottivat kiistatta tuloksia. Tämä nähdään eroista, jotka kasvihuonekaasupäästöjen määrässä syntyivät nykytilannetta edustavan VE0:n ja vertailun parhaiten pärjänneiden vaihtoehtojen välille. Kaikki suunnitelmien toteuttamisesta 50 vuoden aikana syntyvät kasvihuonekaasupäästöt olivat VE0:ssa asukasta kohden 88,27 CO₂-tonnia korkeammat kuin VE3:ssa. Energiantuotannosta synty- vien päästöjen kohdalla VE0:n päästöt 50 vuoden aikana asukasta kohden olivat 28,58 CO₂-tonnia. Siten tämän tutkimuksen tulos tukee aikaisempia havaintoja siitä, että suunnit- telulla voidaan vaikuttaa positiivisesti asuinalueiden kasvihuonekaasupäästöjen vähenemi- seen.

Koska päästöjä pystyttiin vähentämään matalapäästöisyyden ja paikallisen energiantuot- non tavoitteita kohti suunnittelemalla, voidaan vetää johtopäätös, joka vastaa viimein myös toiseen tutkimuskysymykseen. Kysymys koski keinoja, joilla Kokonniemeä voidaan viedä matalapäästöiseen suuntaan paikallisin energiaratkaisuin. Kokonniemessä näyttävät toimi- van kirjallisuuden perusteella valitut suunnitteluperiaatteet, sillä ne tuottivat vaihtoehtoisis- sa maankäyttösuunnitelmissa testattuina hyviä tuloksia.

7.2 Viitesuunnitelman pääpiirteet

Arvioinnin ja vertailun tuloksiin perustuen Chen teki Kokonniemeen viitesuunnitelman, joka esitellään tarkemmin hänen diplomityössään. Uusi rakentaminen erottuu arkkitehtuu- riltaan Uddaksen vanhoista rakennuksista, mutta mittakaavansa puolesta sulautuu olemassa oleviin rakennuksiin. Rakenteen muodostama tiheä ja pienipiirteinen kylämiljöö rajautuu etelässä ranta-alueen virkistysreittiin ja nousee pohjoisessa selänteen rinteeseen. Aukio, rantakahvila ja kylätalo aivan vierasvenesataman sekä julkisen saunan vieressä muodosta- vat alueen sydämen. (Chen 2016) Viitesuunnitelman pääpiirteet ovat nähtävillä seuraavan sivun kuvassa 7.1.





Kuva 7.1. Viitesuunnitelman asemapiirros, kuvaa luettava vaaka-asennossa (kuva: Chen).



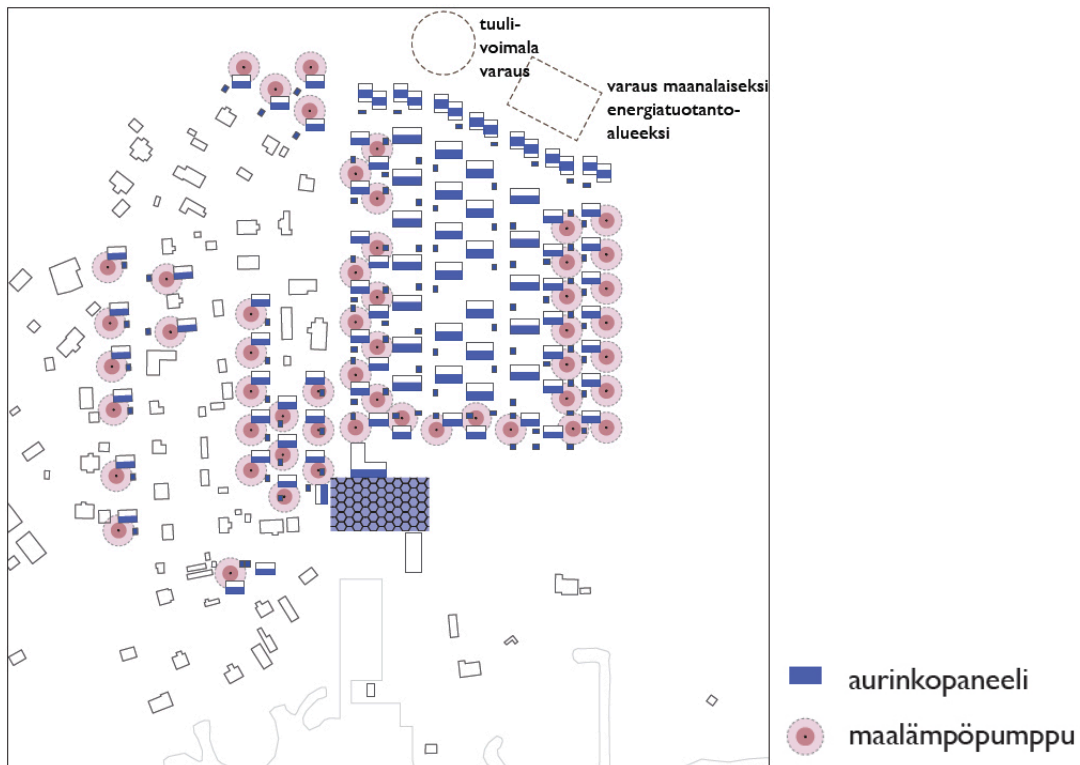


Kuva 7.2. Ilmakuva kaakosta (kuva: Chen).

Rakenne perustuu talojen suuntaamiseen pitkät sivut etelää kohden aurinkoenergian hyödyntämismahdollisuuksien maksimoimiseksi. Lisäksi rakenne myötäilee olemassa olevia katuja, reittejä ja rakennuksia, jotta turhalta uuden rakentamiselta vältytään ja jotta lopputulos, uuden ja vanhan yhdistelmä, olisi yhtenäinen. Muista suunnitteluperiaatteista toteutuvat yhteisasumisratkaisut, eri toimintojen yhdistäminen samalle alueelle, rakenteen tiiviyys, puiden hyödyntäminen tuulensuojana, läpäisevät pinnat, tiukka pysäköintinormi (258 m^2/ap , lisäksi tarpeen tullen jouston varaa aukiolla) ja sähköauton latauspisteet sekä yhteiskäyttöautojen omat parkkipaikat, mutkaiset ajoväylät, kaupunkiviljelymahdollisuudet ja elinympäristön elämyksellisyys, hiilinielujen luominen, puurakentaminen sekä rinteiden vähäiset yhtenäiset rakennusmassat. Lisäksi suunnitelmassa toteutuvat kaikki aurinkoenergian hyödyntämisen, maalämpöpumppujen, pien-CHP -laitoksen ja kaukolämmön suunnitteluperiaatteet. Maalämpöpumppuja ei ole mitoitettu jokaiselle rakennukselle (kuva 7.3). Rakenne myös suosii julkista liikennettä sikäli, että jos alueelle saadaan esimerkiksi bussireitti, on pysäkin paikka suunniteltu siten, että kaikki uudet rakennukset sijaitsevat alle 250 metrin päässä pysäkistä.

Viitesuunnitelmaa voitaisiin muokata suunnitteluperiaatteita vielä paremmin vastaavaksi vähentämällä ylimääräisiä katulinjauksia. Nyt linjauksia on tiiviisti, mutta toisaalta ne ovat yksisuuntaisia ja kapeita, joten ne toimivat erityisesti kevyen liikenteen eduksi ja muodostavat kiinnostavia näkymälinjoja (kuva 7.4). Lisäksi viherkattojen hyödyntäminen alueella olisi hyväksi, mutta niiden yhdistäminen kattojen aurinkopaneeleihin on pulmallista erityisesti katon jyrkkyyden vuoksi. Maalämpöpumppujen porakaivoista, jotka alueelle on suunniteltu rakennettavan, monet sijaitsevat savimaalla, joten niiden rakentaminen on hankalaa ja kallista. Alueen tuulivoimala sijaitsee verrattain lähellä asutusta, mikä nykypäivänä on harvinaista, mutta pienikokoisten voimaloiden kehittyessä aluevaraukselle voi tulla tarvetta tulevaisuudessa.





Kuva 7.3. Energiantuotannon sijoittuminen viitesuunnitelmassa (kuva: Chen).



Kuva 7.4. Alueen kadut on suunniteltu yhteiskäyttöisiksi ja niiden ajoradoissa on paljon mutkia (kuva: Chen).

Alueen sijaintia ylipäättään voitaisi kritisoida sopimattomaksi tiiviyden ihanteeseen etäisyyden keskusta ollessa noin kaksi kilometriä. Voita siis pitää kyseenalaisena, muotoutuuko alueesta lainkaan vähäpäästöistä jos sinne ja sieltä pois liikkuminen synnyttää paljon päästöjä. Kuten luvussa 3.2 todettiin, on kestävä elämäntavan tukeminen olennaista ja suunnittelullisten seikkojen rinnalla asukkaiden kulutuksen vähentäminen on keskeisiä kysymyksiä kaupunkien kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä. Siten voidaankin ajatella, että Kokkonniemen alue viitesuunnitelman toteutuessa rohkaisee elämäntapaan, jossa kulutetaan vähemmän sen vuoksi, että asutaan poissa houkutusien ääreltä elämyksellisessä ympäristössä, joka rohkaisee nauttimaan jokapäiväisestä elinympäristöstä esi-



merkiksi matkustelun tai ostosten tekemisen sijaan. On kuitenkin ratkaisevaa, millaiseksi liikkuminen alueelta keskustaan muodostuu: julkisen liikenteen käyttömahdollisuudet sekä kevyen liikenteen houkuttelevat ja vetovoimaiset reitit tukevat matalapäästöisen liikkumisen toteutumista.

7.3 Epävarmuustekijät ja jatkotutkimuksen tarpeet

Tähän diplomityöhön sisältyy luonnollisesti monia epätarkkuuden paikkoja sekä potentiaalisia pulmakohтия. Logiikkaan, jossa asuinalueella yhdistyy kaukolämpö ja paikalliset energiantuotantotavat, liittyy tietenkin joitakin haasteita. Kaukolämmön rinnalla lämpöenergian tuottaminen paikallisesti heikentää kaukolämmön kannattavuutta, minkä vuoksi VE3:n ja viitesuunnitelman energijärjestelmä voi osoittautua kaukolämpöä tarjoavan energiyhtiön kannalta huonoksi ja siksi hankalaksi toteuttaa. Porvoon nykyistä puuhun voimakkaasti perustuvaa kaukolämpöä voidaan myös pitää niin ongelmallisena, ettei siihen tukeutumista voida luokitella lainkaan ilmastoystävälliseksi, jolloin ehdotettu viitesuunnitelma menettää osan eduistaan. Jos esimerkiksi puupohjaisten biopolttoaineiden katsotaankin tulevaisuudessa olevan korkeapäästöinen ja vanhakantainen energiamuoto, korostuisi nykyisen vertailun VE1 kirkkaasti parhaana vaihtoehtona, kun sekä VE2 että VE3 putoaisivat päästöjen osalta kannattamattomina pois. Keskeisiä epävarmuustekijöitä ovat myös energiankulutuksen ja -tuotannon arvioinnin perustuminen esimerkkeihin ja keskiarvoihin sekä arvioinnin tekeminen vuositasolla, eikä esimerkiksi kuukauden tai vuorokaudenajan tarkkuudella.

Merkittävä ongelmakohta tehdyssä analyysissä ovat KEKO-työkaluun liittyvät heikkoudet. Lähtötietoja työkaluun täytettäessä ilmeni joitakin epäselvyyksiä. Onko leirintäalue esimerkiksi luettavissa luontoalueeksi matkailualueen rinnalla? Itse ajattelen, että koska leirintäalue on käytössä vain kesäkuukausina, seisoo sesongin ulkopuolella alueella avoin luontoalue, joka muuttuisi nopeasti luonnonvaraiseksi jos se ei olisi kesäisin käytössä. Työkalun kerrospinta-aloissa ei myöskään huomioida maanalaista rakentamista, jos rakentaminen ei ole louhittua parkkihallia. Kaukolämmön suhteen työkalulla ei voi huomioida sellaista tilannetta, jossa kaukolämmön alueelle tultua verkkoon liittyisi myös jo olevia rakennuksia. Energiantuotannon tarkastelemisen suhteen työkalu on hieman vajavainen, koska paikallisia energiantuotantovaihtoehtoja, kuten pien-CHP -vaihtoehtoa, ei ole valittavissa. Tärkeimpänä huomiona on työkalun tulosten luku- ja tulkintaohjeiden puuttuminen, sillä siitä johtuu erityisesti luontovaikutuksien tulkitsemisen hankaluus. Harhaanjohdavan raportoinnin välttämiseksi olisi kaavoittajalle etua myös esimerkiksi ”mallituloksista”, eli neuvonnasta siinä, millaisia johtopäätöksiä tuloksista voi vetää.

Jatkotutkimustarpeet Kokkonniemen tapauksessa liittyvät erityisesti viitesuunnitelman arviointiin sekä asiantuntijuuden syventämiseen arvioinnissa. Viitesuunnitelmalle olisi syytä tehdä vastaava KEKO-arviointi kuin vaihtoehtoisille maankäyttösuunnitelmille, jotta lopputuloksen onnistuneisuutta voitaisi arvioida nykyistä tarkemmin. Arvioinnin jälkeen viitesuunnitelmaa olisi myös helpompi hioa edelleen. Lisäksi sekä vaihtoehtoisia maankäyttösuunnitelmia että viitesuunnitelmaa olisi syytä arvioida taloudellisista näkökulmista ja ympäristövaikutusten arviointi voitaisi viedä myös huomattavasti yksityiskohtaisemmalle tasolle. Myös energian varastointimenetelmiin olisi syytä paneutua tarkemmin vaihtoehtoisissa maankäyttösuunnitelmissa, koska energian järkevä varastointi vähentää asuinalueen päästöjä (ks. Paiho 2015) ja koska joissain tapauksissa varastointi voi vaatia paljonkin tilaa. Kuntien kaikkien energiamuotojen kulutuksen tarkemmasta tutkimuksesta olisi ylei-



sesti hyötyä energiatehokkaiden alueiden kaavoituksessa, sillä sitä kautta vertailu ja lähtötilanteen hahmottaminen parantuisivat huomattavasti.

7.4 Monialaisen yhteissuunnittelun merkitys

Kaavoitettaessa asuinalueita energiatehokkaiksi ja energiaa paikallisesti tuottaviksi on monialainen osaaminen tarpeen läpi koko prosessin. Tämä korostui diplomityöprosessin aikana useaan kertaan, vaikka yhteissuunnittelua tehtiin vain kahden ihmisen kesken. Ideaalitalanteessa arviointityö pitäisi kuitenkin saada lähes valmiiksi ennen viitesuunnitelman tekoon ryhtymistä, mihin ei tässä prosessissa aikataulusyistä täysin pystytty. Arvioinnin kaikkien tuloksien välittymisestä viitesuunnitelmaan on helpompi varmistua jos kokonaiskuva on kristallisoitunut ja yksityiskohdat tunnetaan kunnolla ennen viitesuunnitelman tekemistä. Suunnittelutyö on joka tapauksessa kompromissien tekoa, mistä syystä täydellisyteen tuskin päästäisi näinkään meneteltäessä.

Epävarmuus lopputuloksesta jatkuu toki vielä asuinalueen kaavan valmistuttuakin, sillä rakentajalle jää vielä paljon vastuuta. Huolellisesti suunniteltu kaava on kuitenkin oikea ohjauksen suunta. Jos kaavoituksessa ei huomioitaisi energiatehokkuutta ja energiantuotantoa lainkaan, olisi helppo sulkea vahingossa pois mahdollisuudet energian säästämiseen tai sen tuottamiseen. Esimerkiksi talojen väärä suuntaus, epäsuotuisa katon kulma ja muiden alueiden varjostus voivat tehdä aurinkoenergian hyödyntämisestä jollei mahdotonta, niin ainakin hankalaa ja kallista. Samoin tonttien koon ja muodon suunnittelu maalämpöpumpujen porakaivoille sopiviksi on yksinkertainen toimenpide kaavavaiheessa, mutta voi huomiotta jäädessä vähentää maalämpöpumpun käyttöönottoon päätyvien määrää. Tavoitteiden toteutumisen seuranta alueen toteutuksen jälkeen olisi paras tapa tarkkailla suunnittelussa tehtyjen toimenpiteiden vaikuttavuutta, mihin myös Kokkonniemen asuinalueen toteuduttua toivottavasti ryhdytään.



Lähdeluettelo

- Adato Energia (2013). *Kotitalouksien sähkönkäyttö 2011*. http://www.tem.fi/files/35856/Kotitalouksien_sahkonkaytto_2011_raportti.pdf
- Ahonen, A-M. (toim.) (2013). *Making cities energy efficient: urban and regional planning adopting RES*. Helsinki: Unigrafia.
- Airamo, R. & Permanto, T. (1997). *Yleiskaavoitus ja vaikutusten arviointi. Esimerkkinä Lahden yleiskaavoitus 1946–1996*. Suomen ympäristö 88. Ympäristöministeriö, Alueidenkäytön osasto. Helsinki: Oy Edita Ab.
- Ariza-Montobbio, P., Farrell, K. N., Gamboa, G. & Ramos-Martin, J. (2014). Integrating energy and land-use planning: socio-metabolic profiles along the rural-urban continuum in Catalonia (Spain). *Environment, Development and Sustainability*, 16, 925–956.
- Baur, A. H., Lauf, S., Förster, M. & Kleinschmit, B. (2015). Estimating greenhouse gas emissions of European cities – Modeling emissions with only one spatial and one socioeconomic variable. *Science of the Total Environment*, 520, 49–58.
- Chen, X. (2016). *Kokonniemi – Porvoon energiaviisas ja matalapäästöinen rantakylä*. Diplomityö. Espoo: Aalto-yliopisto.
- Dahlqvist-Solin, B., Junkkonen, K., Lautso, J., Pääkkönen, S. & Rothsten, S. (2013). Energia- ja ilmastoasioihin vaikuttaminen yhdyskuntasuunnittelussa. Merkittävimmät kipupisteet, portinvartijat ja vaikuttamisen paikat. Teoksessa: Ahonen, A-M. & Nuorkivi, A. (toim.) *Energia yhdyskuntasuunnittelussa. Rohkeita ratkaisuja kestävämpään tulevaisuuteen* (s. 7–42). Aalto-yliopiston julkaisusarja Crossover 3/2013. Helsinki: Unigrafia. Saatavissa: http://www.sitra.fi/julkaisut/muut/Energia_yhdyskuntasuunnittelussa.pdf
- Demos Helsinki (2015). *Nordic Cities Beyond Digital Disruption. A Novel Way to Develop Cities*. Saatavilla: <http://www.demoshelsinki.fi/julkaisut/pohjoismaiset-kaupungit-digitaalisen-vallankumouksen-jalkeen/> . Viitattu 11.5.2016.
- Eagle tuulivoima Oy (2010). *Tuulitutkimus Lammaskallio*. Saatavissa: http://www.kehu.fi/fi/sisalto/tekstit/tuote_palvelu/tuulimittausraportti_tuusula.pdf . Viitattu 11.5.2016.
- Energiateollisuus (2015). *Kunnat sähkönkäytön suuruuden mukaan*. Saatavissa: <http://energia.fi/tilastot-ja-julkaisut/sahkotilastot/sahkonkulutus/sahkon-kaytto-kunnittain> . Viitattu 13.4.2016.
- Energiateollisuus (2016). *Hajautettu pientuotanto*. Saatavissa: <http://energia.fi/sahkomarkkinat/sahkoverkko/pientuotanto> . Viitattu 14.4.2016.
- Erat, B., Erkkilä V., Nyman C., Peippo, K., Peltola S. & Suokivi, H. (2008). *Aurinko-opas: aurinkoenergiaa rakennuksiin* (3. painos). Porvoo: Aurinkoteknillinen yhdistys ry.



EU bioenergy (2015). *10 reasons why bioenergy is not carbon neutral, says IPCC author William Moomaw*. Saatavilla: <https://eubioenergy.com/2015/11/20/bioenergy-is-not-carbon-neutral-says-ipcc-author-william-moomaw/> . Viitattu 1.2.2016.

Geodrill (2016). *Lämpökaivo*. Saatavilla: <http://www.geodrill.fi/maalampo/lampokaivo/> . Viitattu 18.4.2016.

Hay, M. (23.9.2014). Hamburg Now Has an Algae-Powered Building. *Good*. Saatavissa: <https://www.good.is/articles/algae-powered-building> . Viitattu 11.5.2016.

Heinonen, J. & Junnila, S. (2011). Implications of urban structure on carbon consumption in metropolitan areas. *Environmental Research Letters*, 6, 1-9.

Helen (2016). *Energian alkuperä*. Saatavissa: <https://www.helen.fi/helen-oy/tietoa-yrityksesta/energiantuotanto/energian-alkupera/> . Viitattu 11.3.2016.

Helsingin sanomat (2015). *Tulospalvelu*. Saatavissa: <http://www.vaalikone.fi/eduskunta2015/tulos/02/638> . Viitattu 27.4.2016.

HINKU-foorumi (2015). *HINKU-foorumi, tekijöiden yhteisö*. Saatavissa: http://www.hinku-foorumi.fi/fi-FI/Tietoa_foorumista . Viitattu 13.4.2016.

Hytönen, J., Schmidt-Thomé, K. (2016). Kulutus kasvattaa kantakaupunkilaisen hiilijalanjälkeä. *Yhdyskuntasuunnittelu – The Finnish Journal of Urban Studies*. 2015: 2 vol 53. Saatavissa: <http://www.yss.fi/journal/kulutus-kasvattaa-kantakaupunkilaisen-hiilijalanjalkea/> .

Ilmastoinfo (2016). *Usein kysyttyä*. Saatavissa: <http://ilmastoinfo.fi/aurinkosahkoakotiin/usein-kysyttya/> . Viitattu: 18.4.2016.

Ilmatieteen laitos (2016). *Suomen tuuliatlas*. Saatavissa: <http://tuuliatlas.fmi.fi/fi/>. Viitattu 22.1.2016.

Kanters, J., Wall, M. & Dubois, M-C. (2013). Typical values for active solar energy in urban planning. *Energy Procedia*, 28, 1607–1616.

Kaza, N., & Curtis, M. P. (2014). The land use energy connection. *Journal of Planning Literature*, 29 (4), 335–369.

Klap, A., Oja, T., Seppänen, E. & Tulonen, A. (2013). Energiamuodot ja energiatehokkuus eri kaavatasoilla. Energiaselvityksen tekeminen kaavoitusprosessin yhteydessä. Teoksessa: Ahonen, A-M. & Nuorkivi, A. (toim.) *Energia yhdyskuntasuunnittelussa. Rohkeita ratkaisuja kestävämpään tulevaisuuteen* (s. 43–63). Aalto-yliopiston julkaisusarja Crossover 3/2013. Helsinki: Unigrafia.

Ko, Y. (2013). Urban Form and Residential Energy Use: A Review of Design Principles and Research Findings. *Journal of Planning Literature*, 28 (4), 327–351.



Laakso, K., Nuorkivi, M., Mikkonen-Young, L. & Suutari-Jääskö, M. (2013). Kaava-alueen energiatehokkuuden kehittämiskeinoja asemakaavoituksen aikana. Teoksessa: Ahonen, A-M. & Nuorkivi, A. (toim.) *Energia yhdyskuntasuunnittelussa. Rohkeita ratkaisuja kestävämpään tulevaisuuteen* (s. 65–98). Aalto-yliopiston julkaisusarja Crossover 3/2013. Helsinki: Unigrafia.

Leskinen, A., Salminen, P. & Turtiainen, M. (1991). *Ympäristövaikutusten arviointiprosessin perusteet*. Maankäytön ekonomian laitos, julkaisuja 10/1991. Helsinki: Helsingin yliopisto.

Leskinen, A. (1987). *Vertailumenetelmät ympäristöön merkittävästi vaikuttavassa viranomaisten päätöksenteossa*. Ympäristön- ja luonnonsuojeluosasto, Sarja A, 63. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132.

Martinkauppi, K. (toim.) (2010). ERA17 – Energiaviisaan rakennetun ympäristön aika 2017. Helsinki: Ympäristöministeriö, Sitra & Tekes. Saatavissa: https://www.tekes.fi/globalassets/julkaisut/era17_loppuraportti.pdf . Viitattu 11.5.2016.

Motiva (2010). *Selvitys hajautetusta ja paikallisesta energiantuotannosta erilaisilla asuinalueilla*. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/7938/Selvitys_hajautetusta_ja_paikallisesta_energiantuotannosta_erilaisilla_asuinalueilla_Loppuraportti.pdf . Viitattu 11.5.2016.

Motiva (2012a). *Lämpöä kotiin keskitetysti*. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/7963/Lampoa_kotiin_keskitetysti_Kaukolampo.pdf . Viitattu 25.1.2016.

Motiva (2012b). *Lämpöä omasta maasta*. Saatavissa: http://www.sulpu.fi/documents/184029/190695/Motiva%2C%20Lampoa_omasta_maasta-1.pdf . Viitattu 11.5.2016.

Motiva (2014a). *Aurinkopaneelien asentaminen*. Saatavissa: http://motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/hankinta_ja_asennus/aurinkopaneelien_asentaminen . Viitattu 26.1.2016.

Motiva (2014b). *Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus*. Saatavissa: http://motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/hankinta_ja_asennus/aurinkosahkojarjestelman_mitoitus . Viitattu 14.4.2016.

Motiva (2014c). *Kodin tulisijat*. Saatavissa: http://motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/puulammitys_kiinteistoissa/kodin_tulisijat . Viitattu: 25.1.2016.

Motiva (2014d). *Puuenergian käyttö*. Saatavissa: http://motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/bioenergian_kaytto/puuenergian_kaytto . Viitattu 25.1.2016.



Motiva (2014e). *Puulämmitys kiinteistöissä.* Saatavissa: http://motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/puulammitys_kiinteistoissa . Viitattu 25.1.2016.

Motiva (2014f). *Sähkön varastointi.* Saatavissa: http://motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/aurinkosahkoj_arjestelman_kaytto/sahkon_varastointi . Viitattu 26.1.2016.

Motiva (2015a). *Aurinkoenergia.* Saatavissa: http://motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia . Viitattu 25.1.2016.

Motiva (2015b). *Aurinkokeräimet.* Saatavissa: http://motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo/aurinkokeraimet . Viitattu 25.1.2016.

Motiva (2015c). *Aurinkolämpö.* Saatavissa: http://motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo . Viitattu 12.4.2016.

Motiva (2015d). *Bioenergian käyttö.* Saatavissa: http://motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/bioenergian_kaytto . Viitattu: 25.1.2016.

Motiva (2015e). *Ilmalämpöpumppu tukilämmityslähteenä.* Saatavissa: http://motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/ilmalampopumppu_tukilammityslahteenä . Viitattu: 18.4.2016.

Motiva (2015f). *Ilma-vesilämpöpumppu.* Saatavissa: http://motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/ilmavesilampopumppu . Viitattu: 18.4.2016.

Motiva (2015g). *Kaukolämpö.* Saatavissa: http://motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/kaukolampo . Viitattu: 25.1.2016.

Motiva (2015h). *Keskuslämmityskattilat.* Saatavissa: http://motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/puulammitys_kiinteistoissa/keskuslammityskattilat . Viitattu 25.1.2016.

Motiva (2015i). *Lämpöpumput.* Saatavissa: http://motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/lampopumput . Viitattu 25.1.2016.

Motiva (2015j). *Maakaasu.* Saatavissa: http://motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/maakaasu . Viitattu 15.1.2016

Motiva (2015k). *Maalämpöpumppu.* Saatavissa: http://motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/maalampopumppu . Viitattu 25.1.2016.



Motiva (2015l). *Matalaenergiatalon määritelmä*. Saatavissa: http://www.motiva.fi/rakentaminen/millainen_on_energiatehokas_pientalo/matalaenergiatalon_maaritelmiä . Viitattu 13.4.2016.

Motiva (2015m). *Pientuulienergia*. Saatavissa: http://motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/tuulivoima/pientuulivoima . Viitattu 6.5.2016.

Motiva (2015n). *Uusiutuva energia Suomessa*. Saatavissa: http://motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/uusiutuva_energia_suomessa . Viitattu 22.1.2016.

Motiva (2016a). *Sähkön pientuotanto*. Saatavissa: http://motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/sahkon_pientuotanto . Viitattu 12.4.2016.

Motiva (2016b). *Tuulivoima*. Saatavissa: http://motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/tuulivoima . Viitattu 18.4.2016.

Ottelin, J., Heinonen, J. & Junnila, S. (2015). New energy efficient housing has reduced carbon footprints in outer but not in inner urban areas. *Environmental Science & Technology* 2015, 49: 9574–9583.

Paiho, S., Hoang, H., Hukkalainen, M. & Westerberg, R. (2015). *Paikallista energiaa asuinalueella. Esimerkkinä Helsingin Vartiosaari*. VTT Technology 234. Saatavissa: <http://www.hel.fi/hel2/ksv/Aineistot/Projektialueet/vartiosaari/energiaselvitys-vtt-2015.pdf> . Viitattu 11.5.2016.

Paldanius, J., Tallskog, L., Maijala, O., Riipinen, J. & Sairinen, R. (2006). *Vaikutusten arviointi kaavoituksessa*. Ympäristöhallinnon ohjeita 10/2006. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41526/OH_10_2006_Vaikutusten_arviointi_kaavoituksessa.pdf?sequence=1 . Viitattu 11.5.2016.

Pesola, A., Vanhanen, J., Hagström, M., Karttunen, V., Larvus, L., Hakala, L. & Vehviläinen, I. (2014). *Sähkön pientuotannon kilpailukyvyyn ja kokonaistaloudellisten hyötyjen analyysi*. Gaia Consulting Oy. Saatavissa: http://motiva.fi/files/9439/Sahkon_pientuotannon_kilpailukyvyyn_ja_kokonaistaloudellisten_hyotyjen_analyysi_Loppuraportti.pdf . Viitattu 11.5.2016.

Porvoo (2011). *Porvoon kaupungin toimenpiteet ilmastomuutoksen hillitsemiseksi*. Saatavissa: http://www.porvoo.fi/easydata/customers/porvoo2/files/muut_liitetiedostot/ymparisto_ja_luonto/ilmastonmuutos/raportti_porvoo.pdf#page=3&zoom=auto,-68,842 . Viitattu 30.11.2015.

Porvoo (2015). *Ilmastomuutos*. Saatavissa: http://www.porvoo.fi/fi/palvelut/ymparisto_ja_luonto/ymparistovalvonta/ilmansuojelu/ilmastonmuutos . Viitattu 30.11.2015.



Porvoon Energia (2015). *Vihreää energiaa*. Saatavissa: <http://www.esitteemme.fi/porvoonenergia.pdf> . Viitattu 11.5.2016.

Porvoon Energia Oy (2016). Ari Raunion suullinen tiedonanto 17.2.2016.

Ristimäki, M., Säynäjoki, A., Heinonen, J. & Junnila, S. (2013). Combining life cycle costing and life cycle assessment for an analysis of a new residential district energy system design. *Energy*, 63, 168–179.

Rämö, A. (2016). Kyllä se kasvaa takaisin. *Suomen kuvalehti*, 17/2016. Saatavilla: <http://suomenkuvalehti.fi/share/908662/0bbd47> . Viitattu 11.5.2016.

Salmela, P. (2010). *Kempeleen ekokylä*. [Powerpoint -esitys.] Saatavissa: http://www.kunnat.net/fi/tietopankit/tapahtumat/aineisto/2010/viides-ilmastokonferenssi/Documents/2_Salmela_Kempeleen_ekokortteli.pdf . Viitattu 11.5.2016.

Searchinger, T.D., Hamburg, S.P., Melillo, J., Chameides, W., Havlik, P., Kammen, D.M., Likens, G.E., Lubowski, R.N., Obersteiner, M., Oppenheimer, M., Robertson, G.P., Schlesinger, W.H. & Tilman, G.D. (2009). Fixing a Critical Climate Accounting Error [Abstrakti]. *Science* 23 Oct 2009, Vol 326, Issue 5952, 527-528.

Sitra (2010). *Energiatehokkuus kaavoituksessa. Skaftkärr, Porvoo. Kaavarunkovaiheen loppuraportti*. Sitran selvityksiä 41. Saatavissa: <https://www.sitra.fi/julkaisut/Selvityksi%C3%A4-sarja/Selvityksi%C3%A4%2041.pdf> . Viitattu 11.5.2016.

Suomen ympäristökeskus (2015). *Tulva-alueet Porvoon eteläpuolella*. Tulvakarttapalvelu. Saatavissa: <http://paikkatieto.ymparisto.fi/tulvakartat/SL/Viewer.html?Viewer=Tulvakarttapalvelu> . Viitattu 30.11.2015.

Säynäjoki, A., Heinonen, J. & Junnila, S. (2012). A scenario analysis of the life cycle greenhouse gas emissions of a new residential area. *Environmental Research Letters*, 7, 10 s.

Taavitsainen, T. (2012). *Maatilan energiaomavaraisuus*. [Powerpoint -esitys.] Saatavissa: http://bioenergia.pikes.fi/documents/812306/813228/Maatilan+energiaomavaraisuus+26.1.+ja+7.2.1012_Toni+Taavitsainen.pdf/bd93b3a4-d68a-405a-aafd-935fd42b678b . Viitattu 11.5.2016.

Tahkokorpi, M. (2014). *Lähienergiatilastointi Suomessa 2013*. Saatavissa: http://motiva.fi/files/8695/Lahienenergiatilastointi_Suomessa_2013.pdf . Viitattu 11.5.2016.

Tilastokeskus (2015). *Porvoo – Borgå*. Saatavissa: <http://tilastokeskus.fi/tup/kunnat/kuntatiedot/638.html> . Viitattu 12.11.2015.



Uudenmaan liitto (2014). *Uudenmaan kasvihuonekaasupäästöt 1990-2012*. Uudenmaan liiton julkaisu C 71 - 2014. Saatavissa: http://uudenmaanliitto.fi/files/12713/Uudenmaan_kasvihuonekaasupaastot_1990-2012_C71-2014.pdf#page=46&zoom=auto,-19,585 . Viitattu 11.5.2016.

Valtioneuvoston päätös valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden tarkistamisesta (2008). Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BA2516D1A-DF52-4E0B-A00C-E2DDC51EF440%7D/59386> . Viitattu 11.5.2016.

Vanhanen, J., Pesola, A. & Vehviläinen, I. (2011). *Koukkurannan lämpöenergiaratkaisujen vertailu*. Gaia Consulting. Saatavissa: http://www.tampere.fi/liitteet/e/6F6hK1gqi/Koukkurannan_energiajarjestelmat_loppuraportti_13012012.pdf

Vauhkonen, M., Lammi, E., Routasuo P. & Savola K.. 2011. *Ote Porvoon kansallisen kaupunkipuiston luontoselvityksestä*. Saatavissa: https://www.porvoo.fi/easydata/customers/porvoo2/files/muut_liitetiedostot/rakentaminen_ja_kaavoitus/asemakaavat/498_lansiranta/498_selvitys_2_luontoinventointi.pdf . Viitattu 11.5.2016.

Vuori, S., Lautkaski, R., Lehtilä, A. & Suolanen, V. (2002). *Katsaus eri energiantuotantomuotojen ympäristövaikutuksiin*. VTT Tiedotteita – Research Notes 2127. 87 s. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2002/T2127.pdf> . Viitattu 21.3.2016.

Wahlgren, I. (1982). *Ympäristövaikutusten ennakkoarvointi*.. Espoo: VTT Offsetpaino. 97 s. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotteita 106.

Yle (2016). *Väärinkäsitys: Bioenergiaa käyttämällä voidaan hillitä akuuttia ilmastonmuutosta*. Saatavissa: <http://yle.fi/aihe/artikkeli/2015/12/30/vaarinkasitys-bioenergiaa-kayttamalla-voidaan-hillita-akuuttia-ilmastonmuutosta> . Viitattu 1.2.2016.

Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu (2015). *KEKO – Kaavoituksen ekolaskuri*. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/KEKO__Kaavoituksen_ekolaskuri . Viitattu 12.4.2016.

Ympäristöministeriö (2013). *Kaavan vaikutukset yhdyskuntarakenteeseen. Opas arviointiin*. Suomen ympäristö 13/2013. Helsinki. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/42312/SY_13_2013.pdf?sequence=4 . Viitattu 11.5.2016.

Ympäristöministeriö (2015). *Pariisin ilmastokokouksessa läpimurto - tuloksena kaikkia maita sitova ilmastositamus*. Saatavissa: http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Ilmasto_ja_ilma/Ilmastonmuutoksen_hillitseminen/Kansainvaliset_ilmastoneuvotter-lut/Pariisin_ilmastosopimus_2015/Pariisin_ilmastokokouksessa_lapimurto__t%2837248%29 . Viitattu 8.1.2016.



Liiteluettelo

Liite 1. Energiankulutuksen ja energiantuotannon arviot. 3 sivua.

Liite 2. Energiantuotantomuotojen huomioiminen kaavoituksen eri tasoilla (Klap et al. 2012). 2 sivua.



Liite 1. Energiankulutuksen ja energiantuotannon arviot

Arviot energiankulutuksesta

VE0

Esimerkkitaloudet (Lukemat vuoden 2011 kulutu Adato Energia 2013, http://www.tem.fi/files/35856/Kotitalouksien_sahkonkaytto_2011_raportti.pdf)

- neljän asukkaan omakotitalo 2011: lämmitys sähköpattereilla 9 600 kWh + laitteet 6 400 kWh + lämmin vesi 3 600 kWh = 19 600 kWh
- kahden asukkaan omakotitalo 2011: lämmitys sähköpattereilla 11 000 kWh + laitteet 4 400 kWh + lämmin vesi 2 000 kWh = 17 400 kWh

Alueella yhteensä 40 asukasta 15 talossa, joista 5 talossa 4 asukasta ja 10 talossa 2 asukasta.

Siten kulutus alueella kuten esimerkkirakennuksissa yllä:

->neljän hengen talot $5 \times 6\,400 \text{ kWh} = 32\,000 \text{ kWh}$ (laitteet), $(9\,600 \text{ kWh} + 3\,600 \text{ kWh}) \times 5 = 66\,000 \text{ kWh}$ (lämmitys, vesi)

->kahden hengen talot $10 \times 4\,400 \text{ kWh} = 44\,000 \text{ kWh}$ (laitteet), $(11\,000 \text{ kWh} + 2\,000 \text{ kWh}) \times 10 = 130\,000 \text{ kWh}$ (lämmitys, vesi)

-> laitteet yhteensä 76 000 kWh, lämmitys yhteensä 196 000 kWh.

VE1

Aurinkosähkön kulutus ja rakennusten mitoitus tuotantopotentiaalin luomiseksi

(Energiankulutusmäärä arvioitu Motivan julkaisun esimerkkitalojen energiankulutuksiin perustuen. 4 hengen matalaenergiatalo, johon tuotetaan lämpöenergia maalämpöpumpulla http://www.sulpu.fi/documents/184029/190695/Motiva%2C%20Lampoa_omasta_maasta-1.pdf . Aurinkosähköjärjestelmien mitoituksen tarkemmat tiedot osassa Arviot energiantuotannosta.)

- 200 m² matalaenergiatalon 11 300 kWh sähkönkulutus vaatisi 6,6-kertaisesti 1 700 kWh järjestelmän pinta-alan eli $15 \text{ m}^2 \times 6,6 = 99 \text{ m}^2$

-> rakennuksen täytyisi olla yksikerroksinen, jotta kattopinta-ala riittää paneeleille.

- 150m² talo 9 600 kWh (lämpö ja vesi 3 600 kWh, valaistus ja sähkölaitteet 6 000 kWh) matalaenergiatalon sähkönkulutus vaatisi 5,6-kertaisesti 1 700 kWh järjestelmän pinta-alan eli $15 \text{ m}^2 \times 5,6 = 84 \text{ m}^2$

-> kaksikerroksinen piharakennuksellinen talo, jonka katolla paneeleita (muuten kattopinta-ala ei riitä) (tontin pinta-ala $20 \text{ m} \times 23 \text{ m} = 460 \text{ m}^2$)

-> nelinkertainen rivitalo sekä yksi piharakennus (tontin pinta-ala $40 \text{ m} \times 58 \text{ m} = 2\,320 \text{ m}^2$)

-”asuinyksiköitä” alueella 84 (kaikkien ala 150 m²)

-oletuksena rivitaloille sama energiankulutus kuin erillistaloille -> todellisuudessa pienempi -> ylimääräinen tuotanto kuitenkin voi olla tarpeen

- $84 \times 6\,000 \text{ kWh} = 504\,000 \text{ kWh}$, $84 \times 3\,600 \text{ kWh} = 302\,400 \text{ kWh}$

Lämmön kulutus ja tuotanto

Lämmöntarpeen oletetaan täyttyvän yhdellä maalämpöpumpulla asuntoa (150 m²) kohti.

VE2

Sähkönkulutus

- rivitalo: 3 asukasta vuotuinen kokonaiskulutus 4 000 kWh, 2 asukasta 3 300 kWh (tavallinen varustelutaso, vuosi 2011)
- kerrostalo: 1 asukas 1 400 kWh, 3 asukasta 2 400 kWh (tavallinen varustelutaso, vuosi 2011) (Adato Energia 2013)

Oletus, että puolet asukkaista (760 kpl) asuvat kerrostaloissa, puolet rivitaloissa. Oletuksena, että jokaisessa asunnossa on keskimäärin kolme asukasta, jotta huomioidaan jaetut taloudet, joissa useampi ihminen asuttaa samaa keittiötä ja kylpyhuonetta.

Rivitaloasukkaiden kulutus: $380 \times 4\,000 \text{ kWh} = 1\,520\,000 \text{ kWh}$

Kerrostaloasukkaiden kulutus: $380 \times 2\,400 \text{ kWh} = 912\,000 \text{ kWh}$

Yhteensä 2 432 000 kWh eli 2,432 GWh.

Lämmönkulutus

Lämmitysenergian kulutus on arvioitu olettaen, että talot ovat matalaenergiatasoisia kuluttaen määritelmän (alle 60 kWh/brm²) mukaisesti jokaisessa rakennuksessa 59 kWh kerrosneliötä kohden.

$28\,500\text{ k-m}^2 \times 59\text{ kWh} = 1\,681\,500\text{ kWh}$ eli noin 1,68 GWh.

Yhteensä

$2\,432\,000\text{ kWh} + 1\,681\,500\text{ kWh} = 4\,113\,500\text{ kWh}$.

VE3

Sähkönkulutus

- kerrostalo: 1 asukas 1 400 kWh, 3 asukasta 2 400 kWh (tavallinen varustelutaso, vuosi 2011) (Adato Energia 2013)

Oletuksena, että jokaisessa asunossa on keskimäärin kolme asukasta, jotta huomioidaan jaetut taloudet, joissa useampi ihminen asuttaa samaa nkeittiötä ja kylpyhuonetta.

Kerrostaloasukkaiden kulutus: $1\,360 \times 2\,400\text{ kWh} = 3\,264\,000\text{ kWh}$ eli 3,264 GWh.

Lämmönkulutus

$51\,300\text{ k-m}^2 \times 59\text{ kWh} = 3\,026\,700\text{ kWh}$ eli noin 3,03 GWh.

Yhteensä

$3\,264\,000\text{ kWh} + 3\,026\,700\text{ kWh} = 6\,290\,700\text{ kWh}$.

Arviot energiantuotannosta

VE1

-maalämpöpotentialiaali: (oletus, että kaivo on 200 m syvä, josta 10 m on maaperää ennen kalliota, energiaa saadaan 10–30 W / kaivometri, lähde Geodrill) tässä tapauksessa tuotto on 1 900 – 5 700 W (1,9–5,7 kW) per kaivo

-aurinkosähköpotentialiaali: $1,5\text{ m}^2 = 200\text{--}250\text{ W}$. Nimellisteho 5 kWp -järjestelmän odotettu vuotuinen tuotto 40° kulmassa etelään suunnattuna on noin 4 300 kWh ja 2 kWp-järjestelmän noin 1 700 kWh (Ilmastoinfo 2016). "Yhden aurinkopaneelin pinta-ala on tavallisesti noin $1,5\text{ m}^2$ ja nimellisteho 200–250 Wp. Näin ollen pientalokokoluokassa tavanomaiseen 2 kWp:n järjestelmään sisältyy 8–10 paneelia, joiden yhteenlaskettu pinta-ala on noin 12–15 m^2 ." (Motiva 2014a) Tästä johtopäätös: 1 700 kWh tuottaminen vie tilaa 15 m^2 ja teho on 2 kWp.

-asunnon lämpöenergian kulutus: matalaenergiatalossa alle 60 kWh / brm^2 (Motiva 2015l)

-sähkönkulutus:

- rivitalo: 3 asukasta vuotuinen kokonaiskulutus 4 000 kWh, 2 asukasta 3 300 kWh (tavallinen varustelutaso, vuosi 2011)
- kerrostalo: 1 asukas 1 400 kWh, 3 asukasta 2 400 kWh (tavallinen varustelutaso, vuosi 2011) (Adato Energia 2013)

(Energiankulutusmäärä arvioitu Motivan julkaisun esimerkkitalojen energiankulutuksiin perustuen. 4 hengen matalaenergiatalo, johon tuotetaan lämpöenergia maalämpöpumpulla http://www.sulpu.fi/documents/184029/190695/Motiva%2C%20Lampoa_omasta_maasta-1.pdf . Aurinkosähköjärjestelmien mitoituksen tarkemmat tiedot osassa Arviot energiantuotannosta.)

- 200 m^2 matalaenergiatalon 11 300 kWh sähkönkulutus vaatisi 6,6-kertaisesti 1 700 kWh järjestelmän pinta-alan eli $15\text{ m}^2 \times 6,6 = 99\text{ m}^2$

-> rakennuksen täytyisi olla yksikerroksinen, jotta kattopinta-ala riittää paneeleille.

- 150 m^2 talo 9 600 kWh (lämpö ja vesi 3 600 kWh, valaistus ja sähkölaitteet 6 000 kWh) matalaenergiatalon sähkönkulutus vaatisi 5,6-kertaisesti 1 700 kWh järjestelmän pinta-alan eli $15\text{ m}^2 \times 5,6 = 84\text{ m}^2$

-> kaksikerroksinen piharakennuksellinen talo, jonka katolla paneeleita (muuten kattopinta-ala ei riitä) (tontin pinta-ala $20\text{ m} \times 23\text{ m} = 460\text{ m}^2$)

-> nelinkertainen rivitalo sekä yksi piharakennus (tontin pinta-ala $40\text{ m} \times 58\text{ m} = 2\,320\text{ m}^2$)

-”asuinyksiköitä” alueella 84 (kaikkien ala 150 m^2)

-oletuksena rivitaloille sama energiankulutus kuin erillistaloille -> todellisuudessa pienempi -> ylimääräinen tuotanto kuitenkin voi olla tarpeen

$-84 \times 6\,000\text{ kWh} = 504\,000\text{ kWh}$, $84 \times 3\,600\text{ kWh} = 302\,400\text{ kWh}$

Koko alueen sähköntuotanto

- 150 m^2 asuinyksiköitä alueella yhteensä 84, jokainen kuluttaa 9 600 kWh sähköä. $84 \times 9\,600\text{ kWh} = 806\,400\text{ kWh}$. Huom! Sähköntuotanto kattaa maalämpöpumppujen käyttämisen!

Koko alueen lämmöntuotanto

Oletetaan, että yksi pumppu täyttää yhden asuinyksikön (150 m^2) lämmöntarpeen ($150 \text{ m}^2 \times 60 \text{ kWh/m}^2 = 9\,000 \text{ kWh}$, ks. Motiva 2012b, 11), asuinyksiköitä alueella yhteensä 84 ja jokaisella oma kaivo. $84 \times 9\,000 \text{ kWh} = 756\,000 \text{ kWh}$. Huom! Lämpöpumput vaativat toimiakseen sähköä!

Sähkön ja lämmön tuotanto yhteensä $1\,562\,400 \text{ kWh}$.

VE3 Kokeileva

-1 leväkerrostalo, joka tuottaa puolet energiantarpeestaan (Hay, M. 2014).

-Koko matalaenergiatalon **lämmöntarve**: $2\,250 \text{ k-m}^2 \times 59 \text{ kWh} = 132\,750 \text{ kWh} \rightarrow$ levällä 50% **66 375 kWh**

-koko matalaenergiatalon **sähköntarve**: $(60 \text{ as/3}) \times 2400 \text{ kWh} = 48\,000 \text{ kWh} \rightarrow$ levällä 50% **24 000 kWh**
-koko leväntalon tuotto $90\,000 \text{ kWh}$

-1 Kempeleen esimerkin veroinen hakkeella toimiva CHP-laitos CHP100 (30 kW sähkö, 60 kW lämpö), 5 500 h vuodessa: **165 000 kW, lämpö 330 000 kWh** (ks. Kempeleen esimerkki Taavitsainen 2012)

-10 kW **tuulivoimala** 30 m mastolla tuottaa (case-alueella Tuusulassa, jossa vastaavat keskituulennopeudet kuin Kokkonniemessä) **15 593 kWh/a** (ks. esimerkki Eagle tuulivoima Oy 2010)

-aurinkopaneeleita $3\,000 \text{ m}^2$ (ala oletuksesta, että vain nykyisen autotien reunaan tulevien rakennusten katot on suunnattu oikeaan suuntaan ja sopivia tuotannolle: $3\,000 \text{ m}^2$ on neljäsosa koko alueen pinta-alasta)

- 15 m^2 tuottaa $1\,700 \text{ kWh}$ (2 kWp järjestelmä)

-tuotto $1,5 \text{ m}^2 = 200\text{--}250 \text{ W}$. (Nimellisteho 5 kWp-järjestelmän odotettu vuotuinen tuotto 40° kulmassa etelään suunnattuna on noin $4\,300 \text{ kWh}$ ja 2 kWp-järjestelmän noin $1\,700 \text{ kWh}$)

- $3\,000 \text{ m}^2 / 15 \text{ m}^2 = 200 \rightarrow 200 \times 1\,700 \text{ kWh} = 340\,000 \text{ kWh}$

$\rightarrow 3\,000 \text{ m}^2$ aurinkopaneelia tuottaa $340\,000 \text{ kWh}$ vuodessa

Yhteensä uusiutuvia tulee tuotetuksi

sähkö (osuus kulutuksesta):

levä $24\,000 \text{ kWh}$ (1%)

chp $165\,000 \text{ kWh}$ (5,0%)

tuuli $15\,600 \text{ kWh}$ (0,5%)

aurinko $340\,000 \text{ kWh}$ (10,5%)

yhteensä $544\,600 \text{ kWh}$ (17%)

(ilman biopohjaisia $3\,075\,000$

tuuli: $15\,600 \text{ kWh} / (3\,264\,000 \text{ kWh} - 24\,000 \text{ kWh} - 165\,000 \text{ kWh}) = 0,5 \%$)

aurinko: $340\,000 \text{ kWh} / (3\,264\,000 \text{ kWh} - 24\,000 \text{ kWh} - 165\,000 \text{ kWh}) = 11,1 \%$

sähköverkko: $2\,719\,400 \text{ kWh} / (3\,264\,000 \text{ kWh} - 24\,000 \text{ kWh} - 165\,000 \text{ kWh}) = 88,4 \%$)

lämpö (osuus kulutuksesta):

levä $66\,375 \text{ kWh}$ (2%)

chp $330\,000 \text{ kWh}$ (11%)

yhteensä $396\,400 \text{ kWh}$ (13%) (molemmat biopolttoainepohjaisia \rightarrow kohtaan talokohtaiset biopolttoaineet.)

Kaikki yhteensä $941\,000 \text{ kWh}$.

Koko sähköntarve $3\,264\,000 \text{ kWh} \rightarrow$ sähköverkon osuus $3\,264\,000 \text{ kWh} - 544\,600 \text{ kWh} = 2\,719\,400 \text{ kWh}$ (83%)

koko lämmöntarve $3\,026\,700 \text{ kWh} \rightarrow$ kaukolämmön osuus $3\,026\,700 \text{ kWh} - 396\,400 \text{ kWh} = 2\,630\,300 \text{ kWh}$ (87%).

Liite 2. Energiantuotantomuotojen huomioiminen kaa-voituksen eri tasoilla (Klap et al. 2012).

Taulukko 1. Aurinkoenergian, tuulivoiman, jätteen ja maa- tai biokaasun hyödyntämisen huomioiminen kaavoituksessa.

Energiamuoto	Kaavoituksen mahdollisuuksia				
	Maakuntakaava	Yleiskaava	Asemakaava	Rakennustapa-ohjeet	Tontinluovutusehdot
Aurinkoenergia edellyttää riittävän laajaa ja aurinkoon suuntautuvaa aurinkokeräinpintaa.	Potentiaalisten sijaintipaikkojen tunnistaminen kaukolämpölaitosten yhteydessä maakunnallisissa energiaselvityksissä.	Alueellisten keräilykenttien varaaminen kauko- tai aluelämpölaitosten yhteyteen. Topografian ja auringonvalon hyödyntäminen alueiden sijoittamisessa.	Auringonvaloa hyödyntävien kortteleiden ja tonttien suunnittelu ja rakennusten sijainnin, muodon ja suuntautumisen ohjaus. Aurinkokeräimet julkisivu- ja katemateriaaleina.	Esimerkkejä passiivisen ja aktiivisen aurinkoenergian käytön mahdollistavasta tontin käytöstä ja rakennustavoista.	Aurinkokeräimien asentamisen edistäminen. Velvoite aurinkokeräinten asentamisen mahdollisuuteen. Velvoite uusiutuvan energian tuotannosta suhteessa rakennuksen energiankulutukseen.
Tuulivoima edellyttää hyviä tuuliolosuhteita ja sähkönjakeluverkkoa tai lähellä olevaa kulutuskohdetta.	Tuulivoimapuistoille mahdollisten alueiden kartointu, mahdolliset rajoitukset (maisema, luontoarvot, asutus, lentokentät, tutkat).	Toimintojen yhteensovittaminen. Tuulivoimayleiskaavassa voimaloiden sijainnin ohjaus sekä tarvittavan infrastruktuurin suunnittelu. Voimaloiden koon ja ulkonäön ohjaus.	Yksityiskohtainen toimintojen yhteensovittaminen. Tuulivoimaloiden sijainnin, koon ja ulkonäön ohjaus. Tarvittavan infrastruktuurin suunnittelu.	Pientuulivoimalat, esimerkkejä tuulimyllyjen sijoittamisesta tontille ja rakentamistapaan.	Velvoite uusiutuvan energian tuotannosta suhteessa rakennuksen energiankulutukseen.
Jäte edellyttää riittävää jätemäärää lähialueilta.	Jätteenkäsittely- ja polttoalueiden logistisen sijainnin ohjaus suhteessa jätteen keräilyyn, polttamiseen ja lämmönjakeluverkostoon.	Jätteenpolto- ja lämpölaitosten sijainti energiantarpeeseen nähden (vrt. kaukolämpö).	Yksityiskohtainen toimintojen yhteensovittaminen, polttolaitosten rakennustavan ohjaus (ks. kaukolämpö).	Ks. kaukolämpö.	
Maakaasu/biokaasu edellyttää putkistoa riittävän lähellä.	Kaasuputkistojen sijainti. Biokaasutuotantolaitosten sijainti ja selvitys raaka-aineiden alueellisesta saatavuudesta ja logistiikasta.	Toimintojen sijoittumisen ohjaus putkistoon nähden.	Rakennusten sijainnin ohjaus kortteleissa ja tonteilla maakaasuputkistoon nähden.	Ks. Kaukolämpö.	Liittymisvelvoite.

Taulukko 2. Biomassan, kaukolämmön, kaukokylmän maalämmön, maakylmän ja ilmalämmön hyödyntämisen huomioiminen kaavoituksessa.

Energiamuoto	Kaavoituksen mahdollisuuksia				
	Maakuntakaava	Yleiskaava	Asemakaava	Rakentamista-paohjeet	Tontinluovutusehdot
Biomassa edellyttää riittävää polttoaineen saatavuutta lähialueilta.	Haketerminaalien logistisen sijainnin ohjaus suhteessa energianlähteeseen ja lämpölaitokseen. Selvitys eri polttoaineiden alueellisesta saatavuudesta.	Lämpölaitosten sijainti energiantarpeeseen nähden (vrt. kaukolämpö).	Ks. kaukolämpö.	Ks. kaukolämpö.	Velvoite uusiutuvan energian tuotannosta suhteessa rakennuksen energiankulutukseen.
Kaukolämpö/kaukokylmä edellyttää riittävää aluetehokkuutta ja vähäpäästöistä/päästötöntä polttoainetta.	Kaukolämpö/-kylmälaitosten logistisen sijainnin ohjaus suhteessa asutukseen ja liikenneverkkoo. Kaukolämmölle soveltuvien alueiden osoittaminen.	Kaukolämpälaitosten sijainnin ja tilatarpeen suunnittelu (ml. polttoaineen käsittely- ja varastointialueet). Aluetehokkuudeltaan riittävien, kaukolämpöön liitettävien alueiden osoittaminen.	Kaukolämpöön liitettävien alueiden ja korttelirakenteiden vertailu parhaan hyötysuhteen saamiseksi. Rakennusten sijoittumisen ohjaus tontilla. Pienlaitosten/lähilämpölaitosten/matalalämpölaitosten sijainnin osoittaminen. Mahdollisuus velvoittaa liittymään kaukolämpöön.	Esimerkkejä rakennusten optimallisesta sijoittamisesta tontille ja liittymisestä kaukolämpöverkoon.	Rakennusten energiatehokkuusvaatimukset suhteessa kaukolämpöverkon optimaaliseen hyötyyn. Muiden lämmitysmuotojen rajoittaminen.
Maalämpö/maakylmä edellyttää sopivaa maaperää.		Maalämmitykselle soveltuvien alueiden osoittaminen, rajoitukset pv-alueilla.	Maalämmitykselle soveltuvien alueiden osoittaminen maaperäselvitysten pohjalta. Porakaivolle riittävä tonttien koko ja muoto. Alueelliset tai korttelikohtaiset yhteiset maalämpö/-kylmäkaivot. Lämmön/kylmän johtamisverkoston suunnittelu. Rajoitukset pv-alueilla.	Asemapiiros-malleja lämpö/kylmäkaivojen sijoittamis-mahdollisuuksista alueella/korttelissa/ton-teilla suhteessa korttelirakenteseen/pihapiiriin.	Velvoite uusiutuvan energian tuotannosta suhteessa rakennuksen energiankulutukseen.
Ilmalämpö				Ilmalämpöpumppujen sijoittaminen ja sovittaminen rakentamista-paan.	